

平成26年度 委託 第10号
新環境工場等建設に伴う地質調査業務委託

報 告 書

平成 27 年 3 月

菊池環境保全組合
八洲開発株式会社

目 次

1 . 業務概要	1
2 . 地形・地質概要	6
3 . 調査方法	9
3 . 1 調査ボーリング	9
3 . 2 標準貫入試験	10
3 . 3 孔内水平載荷試験	11
3 . 4 シンウォールサンプリング	13
3 . 5 室内土質試験	14
3 . 6 現場浸透試験	15
4 . 調査結果	18
4 . 1 調査ボーリング	18
4 . 2 標準貫入試験	23
4 . 3 孔内水位	25
4 . 4 孔内水平載荷試験	30
4 . 5 室内土質試験	32
4 . 6 現場浸透試験	50
5 . 総合解析とりまとめ	51
5 . 1 調査地周辺の地形地質の検討	51
5 . 2 地盤定数の設定	61
5 . 3 地盤の工学的性質と支持地盤の設定	70
5 . 4 地盤の透水性の検討	72
5 . 5 基礎形式の検討	74
5 . 5 設計・施工上の留意点	75
5 . 6 今後の調査計画について	77

< 巻末資料 >

- 1 . ボーリング柱状図・コア写真
- 2 . 孔内水平載荷試験データシート
- 3 . 室内土質試験データシート
- 4 . 現場浸透試験データシート
- 5 . 現場記録・室内土質試験写真集

< 別途提出 >

- 1 . コア箱 4 組 3 7 箱
- 2 . 電子媒体 (CD-R) . . . 2 枚

参考文献リスト

- 「ボーリング柱状図作成要領(案) 解説書」建設大臣官房技術調査室監修
(財)日本建設情報総合センター 平成 11 年
- 「地盤調査の方法と解説」 地盤工学会 平成 25 年
- 「地盤材料試験の方法と解説」 地盤工学会 平成 22 年
- 「増補改訂雨水浸透施設技術指針(案) 調査計画編」
雨水浸透施設技術協会編 平成 18 年
- 「設計要領 第一集 土工編」N E X C O 平成 18 年
- 「設計要領 第二集 橋梁建設編」N E X C O 平成 20 年
- 「熊本県地質図(10 万分の 1)」熊本県地質図編纂委員会 平成 20 年
- 「熊本市周辺地盤図」熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会 平成 15 年

1. 業務概要

本業務は、菊池環境保全組合が平成 25 年度に策定した「菊池環境保全組合循環型社会形成推進地域計画」に基づき、新環境工場等（ごみ処理施設及び一般廃棄物最終処分場）整備事業を推進するために必要な、地質調査等を行うことを目的とした。

以下に、業務の概要について記す。

(1) 委 託 名 平成 26 年度 委託第 10 号 新環境工場等建設に伴う地質調査業務委託

(2) 業 務 場 所 菊池環境保全組合事務局および合志市幾久富地内

(3) 業 務 期 間 自 平成 26 年 12 月 25 日
至 平成 27 年 3 月 20 日

(4) 業 務 内 容 地質調査業務

調査ボーリング	4 箇所 延 181.0m
標準貫入試験	n=181 回
孔内水平載荷試験	n=2 回
シンウォールサンプリング	n=8 本
室内土質試験	1 式
現場浸透試験	n=3 回
解析等調査	1 業務

詳細は、表 1.1「実施調査数量表」参照。

(5) 発 注 者 菊池環境保全組合

監督員：建設推進課 主査 川俣 洋一郎

(6) 受 託 者 八洲開発株式会社

熊本市東区月出 1 丁目 1 番 52 号

TEL 096(384)3225 FAX 096(382)7039

管理技術者 井形 秀一

技術士・応用理学部門（地質）、地質調査技士

ボーリング責任者 矢住 文博

地質調査技士、一級さく井技能士

表 1.1 実施調査数量表

項 目		単位	Bor.No1	Bor.No2	Bor.No3	Bor.No4	合計
機械ボーリング (φ86mm)	粘 性 土	m	12.00	14.00	0.00	0.00	26.00
機械ボーリング (φ66mm)	粘 性 土	m	5.00	5.55	23.80	10.90	45.25
	砂 質 土	m	24.95	25.45	21.10	16.10	87.60
	礫 混 じ り 土	m	3.90	0.65	7.20	0.00	11.75
	固 結 粘 土	m	4.15	4.35	1.90	0.00	10.40
	計	m	50.00	50.00	54.00	27.00	181.00
標準貫入試験	粘 性 土	回	16	19	24	10	69
	砂 質 土	回	25	25	21	17	88
	礫 混 じ り 土	回	4	1	7	0	12
	固 結 粘 土	回	5	5	2	0	12
	計	回	50	50	54	27	181
孔内水平載荷試験	普 通 載 荷	回	1	1	0	0	2
サンプリング		本	4	4	0	0	8
室内土質試験	土粒子の密度試験	試料	4	4	0	0	8
	含水比試験	試料	4	4	0	0	8
	粒度試験(沈降+フルイ)	試料	4	4	0	0	8
	液性限界試験	試料	4	4	0	0	8
	塑性限界試験	試料	4	4	0	0	8
	湿潤密度試験	試料	4	4	0	0	8
	三軸圧縮試験(UU)	試料	4	4	0	0	8
	圧密試験	試料	4	4	0	0	8
仮設足場	平坦地足場	箇所	1	1	1	1	4
現場内小運搬	特装車運搬100m未満	t	1.3	1.3	1.3	1.3	5.2
現場浸透試験		箇所	-				3
解析業務		式	-				1

(7) 使用機器

表 1.2 使用機械・機器一覧表

名 称	規格・性能	数 量	適用
ロータリー式試錐機	掘削能力 100m 級	3 台	ボーリング
発動機	YANMAR NFD-8	3 台	試錐機駆動
送水ポンプ	毎分 30 L	3 台	掘削用水
ロッド	3.0 m、2.0 m、1.0 m、0.5 m	3 式	
ケーシング	φ86 mm ~ 116 mm	3 式	
コアチューブ	φ66、86 mm	3 式	シングル、ダブル
三又櫓	4.0 m	3 基	
標準貫入試験器	JIS A 1219	3 組	N 値測定
手動式水位計	ポータブル	3 台	水位測定
孔内水平載荷試験機材	LLT	1 組	
シンウォール サンプラー	水圧式	1 式	試料採取
足場仮設資材	足場パイプ、床板、角材、雑材 料	3 組	平坦足場
測量器具	レベル、光波等	1 式	
トラック	2t 車、3t ユニック車	1 式	資材運搬
不整地運搬車		1 台	資材運搬
バックホウ		1 台	現場浸透試験用 ピット掘削
室内土質試験器具		1 式	
その他機材		1 式	

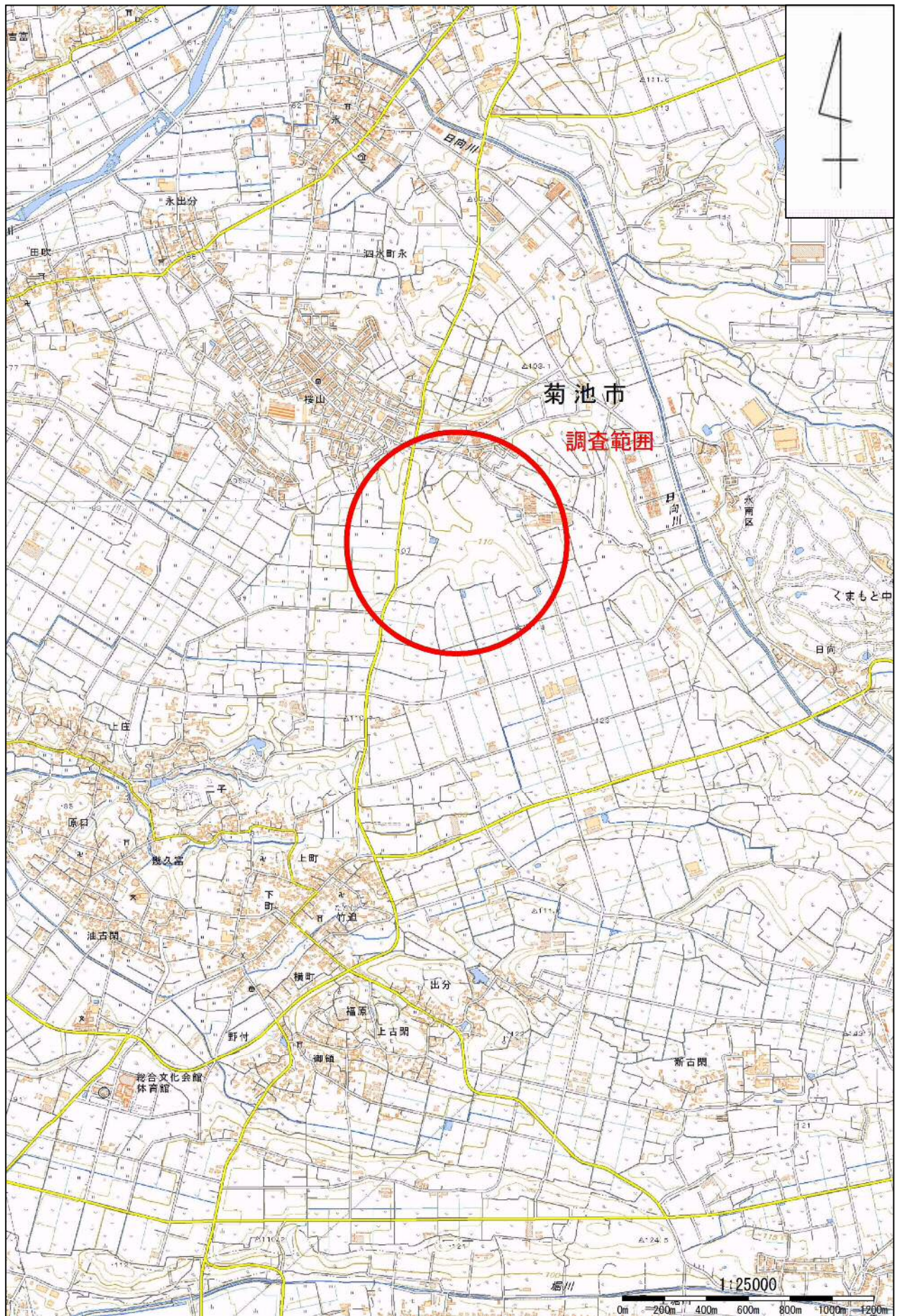


図 1.1 調査位置案内図 (S=1:25,000)

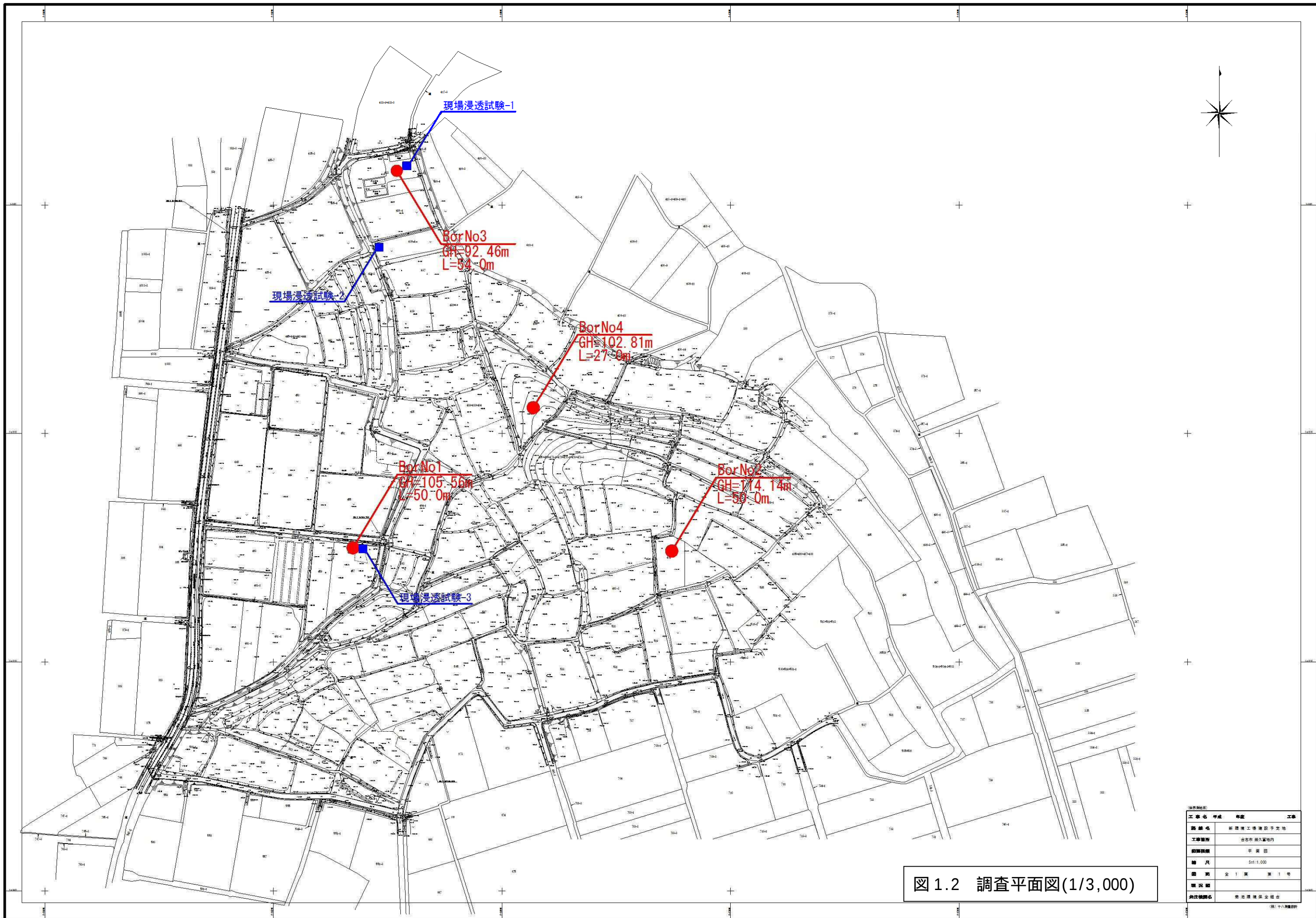


図 1.2 調査平面図(1/3,000)

2．地形・地質概要

調査地は、図 1.1「調査位置案内図」に示す合志市幾久富地内であり、合志市役所より北東約 3.0km に位置している。また、当地は、北の合志川と南の堀川に挟まれた合志台地にある。以下、地形・地質概要について述べる。

(1) 地 形

この地域には、標高 80m～110m に広い平坦面を有する合志台地が広がっている。これらは、阿蘇カルデラから流下した阿蘇火砕流堆積物の堆積面で、東側にある阿蘇外輪山から西側に下る緩斜面の一面をなすものである。白川、合志川などの主要河川はほぼ東から西に流下している。合志川の支流である日向川や峠川は、上流部では東から西に流下しており、途中で北西に流路を変えて本流の合志川に合流し、合志台地を開析している。台地上部は畑地となることが多いが、河川に面した低地部は水田として利用されている。集落は台地縁辺部から低地部にかけて発達している。

(2) 地 質

調査地周辺の地質層序を表 2.1 に、地質図を図 2.1 に示す。

調査地付近の地質は、台地主部を構成する阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4)、台地縁辺部を構成する中位段丘堆積物 (T2) 及び低地部に分布する低位段丘堆積物 (T1) と沖積層 (a) からなる。さらに、阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4) の下位には、阿蘇 3 火砕流堆積物 (A13) が分布し、阿蘇 3 火砕流堆積物 (A13) と阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4) の間には泥、砂、礫、火山灰からなる布田層 (FH) が挟まれている。なお、地表部は、黒ボクや赤ボクのローム層に広く覆われている。

以下に、下位から各層の特徴を記す。

調査地内の深部に分布する阿蘇 3 火砕流堆積物 (A13) は、『中溶結相の溶結凝灰岩から非溶結黒色スコリア流堆積物、白色軽石流堆積物まで変化に富む。多斑晶質スコリアを含むものの分布が最も広い。岩質は、石英安山岩質から安山岩質まで変化する。』という特徴を有している。

阿蘇 3 火砕流堆積物 (A13) と阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4) に挟まれた布田層 (FH) は、湖水性の薄い堆積物であり、下位の火山砕屑物からの礫、砂、泥及び火山灰層からなる。

調査地内の台地部に広く分布する阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4) は、『角閃石斑晶を含む白～灰色軽石（一部黒色スコリア）、火山灰及び角礫からなる淘汰不良の火砕流堆積物である。角礫として安山岩以外に変成岩類を特徴的に含み、カルデラ縁付近ではそれらの濃集した角礫層を形成する。岩質は流紋岩質を主とするが、塩基性安山岩質の部分も少量存在する。』という特徴を有している。現地では、安山岩質主体の角礫を含む灰色軽石および火山灰からなる非溶結凝灰岩として確認している。

中位段丘堆積物 (T2) は、『低位段丘堆積物より一段高い面をなして形成する安山岩や溶結凝灰岩の巨礫を含む砂礫層で、更新世の託麻砂礫層に対比されている。』

低位段丘堆積物（T1）は、『沖積面より一段高い面を形成する旧河床の砂礫層』で、更新世の保田窪砂礫層に対比されている。低地堆積物である沖積層（a）は、合志川等の主要河川とその支流沿いに分布する『礫、砂及び泥よりなる薄い現世の堆積物』である。

表 2.1 調査地周辺の地質層序

地質時代			地 層 名	構 成 物
新 生 代	第 四 紀	完 新 世	沖積層	未固結の礫、砂、泥
		更 新 世	低位段丘堆積物	未固結の礫、砂、泥
			中位段丘堆積物	未固結の礫、砂、泥
			阿蘇 4 火砕流堆積物	非溶結～弱溶結の軽石、凝灰角礫岩、溶結凝灰岩
			布田層	未固結の礫、砂、泥
			阿蘇 3 火砕流堆積物	軽石、凝灰角礫岩、溶結凝灰岩
中 生 代	白亜紀	熊本層	礫岩、砂岩、泥岩	

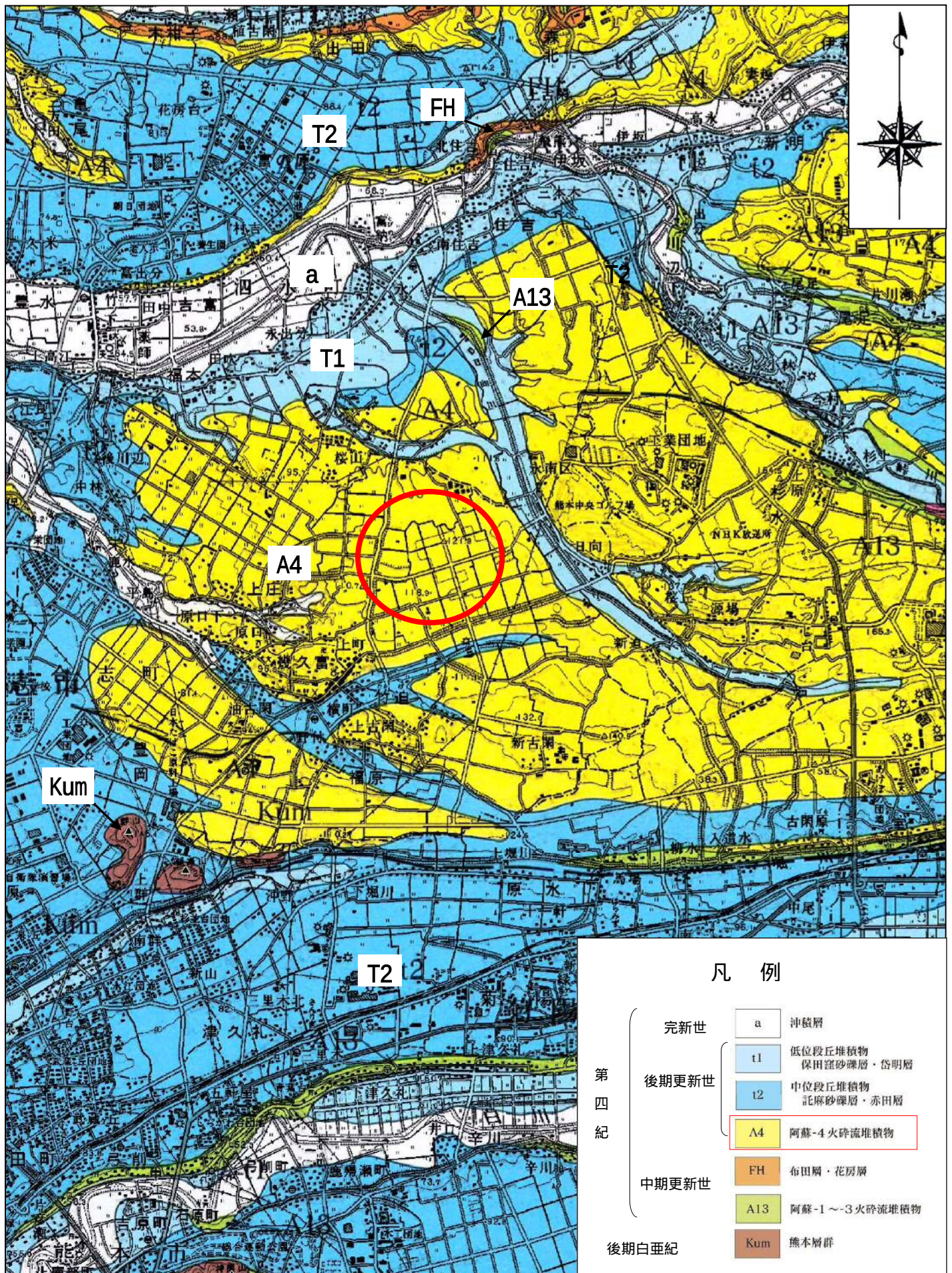


図 2.1 調査地周辺の地質図 1/5,000

熊本県地質図(10万分の1),熊本県地質図編纂委員会,2008

3．調査方法

3.1 調査ボーリング

調査ボーリングでは、ロータリー式試錐機を使用した。図 3.1.1 に試錐機の一般図を示す。

まず、ボーリング機械を組み立ててボーリングロッド先端に取り付けたコアチューブに掘削用のメタルクラウン等（錐環）を装備し、回転を与えつつ油圧等によってコアチューブを地中に押し込んで掘削する。

掘削作業中には、押し込み抵抗、循環泥水の色調の変化、それにより排出されるスライムの性状あるいはロッドを介して伝わってくるコアチューブと土層の摩擦音等で土質あるいはその変化が推定できる。

孔径はφ66mm とし、ボーリング作業時には自然地下水位あるいは翌朝の水位・作業終了時の水位等を測定した。

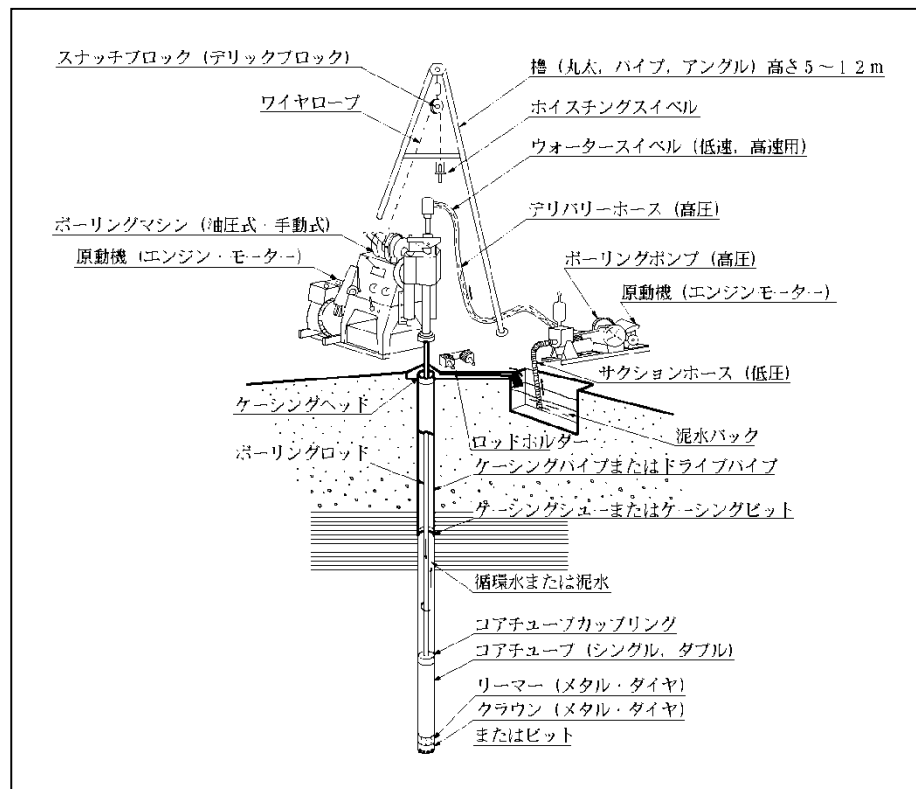


図 3.1.1 ロータリー式試錐機の一般図

3.2 標準貫入試験

標準貫入試験は、原位置における粘性土の硬軟、砂・砂質土および礫・礫質土の締まり具合や硬さの概略の指標となるN値を把握するとともに、試料判定のための試料を採取することを目的に実施する。

試験は、原則として1 m毎に実施し、試験方法はJIS A 1219 に準じて行う。すなわち、まず、所定の深さまでボーリングを行い、孔底に標準貫入試験用サンプラーを設置し、質量 63.5 ± 0.5kg のドライブハンマーを落下高 76 cm ± 1cm の高さから自由落下させることでボーリングロッド頭部に取り付けたノッキングブロックに打撃を与え、予備打ち後のサンプラーを 30 cm 打ち込むのに要したハンマーの落下回数Nを測定する。

なお、予備打ち及び本打ちにおいて、50 回の打撃を最大とし、累積貫入量が 1 cm 未満の場合を貫入不能とする。標準貫入試験により得られた試料は、直ちに試料観察を行い、含水比が変化しないようにビニール袋に密封し、コア箱に納め標本とする。

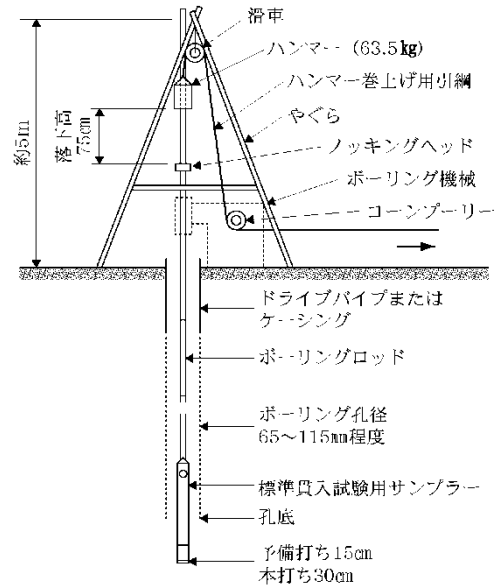


図 3.2.1 標準貫入試験の概要

表 3.2.1 砂の相対密度、内部摩擦角とN値との関係（Terzaghi and Peck, Meyerhof）

N 値	相対密度 (Relative Density)		$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$	内部摩擦角 ϕ (度)	
				Peck による	Meyerhof による
0 ~ 4	非常に緩い	Very Loose	0.0 ~ 0.2	28.5 以下	30 以下
4 ~ 10	緩い	Loose	0.2 ~ 0.4	28.5 ~ 30	30 ~ 35
10 ~ 30	中位の	Medium	0.4 ~ 0.6	30 ~ 36	35 ~ 40
30 ~ 50	密な	Dense	0.6 ~ 0.8	36 ~ 41	40 ~ 45
50 以上	非常に密な	Very Dense	0.8 ~ 1.0	41 以上	45 以上

表 3.2.2 コンシステンシー、N 値および一軸圧縮強さの関係（Terzaghi and Peck）

コンシステンシー	非常に軟らかい	やわらかい	中位の	かたい	非常にかたい	固結した	
N	2 以下	2 ~ 4	4 ~ 8	8 ~ 15	15 ~ 30	30 以上	
qu	(kN/㎡)	25 以下	25 ~ 50	0 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 400	400 以上
	{ kgf / ㎡ }	0.25 以下	0.25 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 2.0	2.0 ~ 4.0	4.0 以上

3.3 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験は、地盤の変形特性を把握するために実施した。

a) 試験方法

本試験はボーリング孔内の所定の位置に挿入したゾンデを高圧ガス（窒素ガス）を介して送水・加圧膨張させ、この時の圧力とゴムチューブの膨張量、すなわち土に与えた変形量の関係から地盤の変形特性を求めるものである。

試験装置はタンク、ゾンデ（載荷部）、ガスボンベ（給圧部）と各々連結するナイロンチューブから構成されている(図 3.3.1 参照)。

試験は急速載荷（時間制御）で行い、加圧後 15 秒、30 秒、60 秒、120 秒の各時点でスタンドパイプの水位を読み、105 秒でセル圧（ゾンデ内圧力）を記録した。1 段階の載荷は 120 秒で終了し、直ちに次の加圧段階に入る方法で行い、明らかに地盤が破壊状態になるか、タンク内の水が全てゾンデに注入された時点で終了とした。

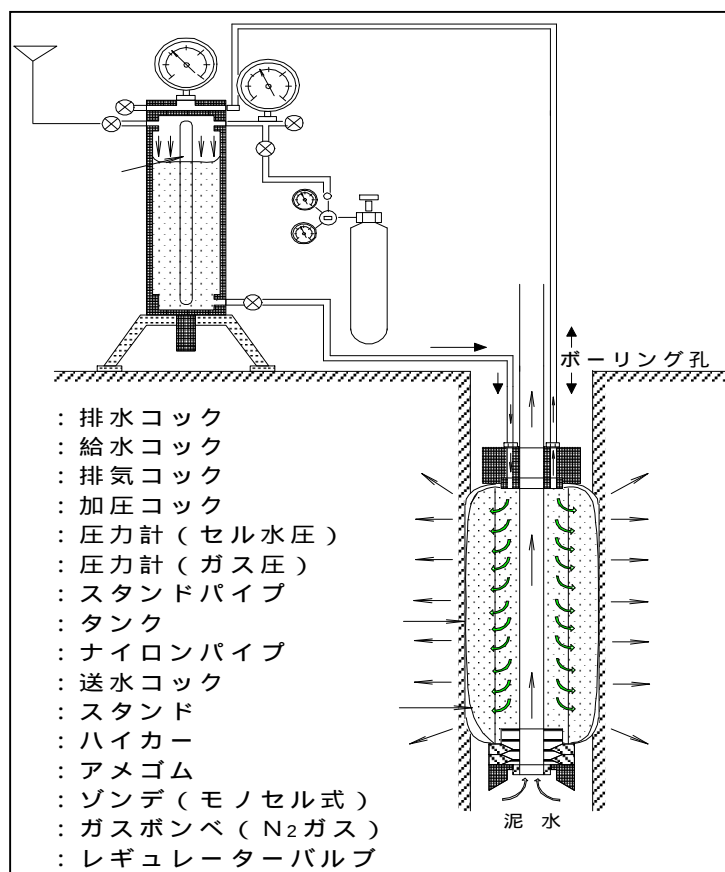


図 3.3.1 孔内水平載荷試験装置(LLT)

3.4 シンウォールサンプリング

乱れの少ない試料採取は、力学試験を含む室内土質試験に供する試料を得ることを目的として、粘性土を対象に実施する。

採取した試料は、室内土質試験を行うまでにその性質が変わらないように、十分注意して取り扱う。すなわち、試料採取後速やかにパラフィンでシールを行い、試料の膨張、移動および含水比の変化を防止することに努め、試料の運搬、保管にあたっては、衝撃、振動、温度変化を与えないように注意を払う。

図 3.4.1 に、水圧式サンプラーの構造図を示す。

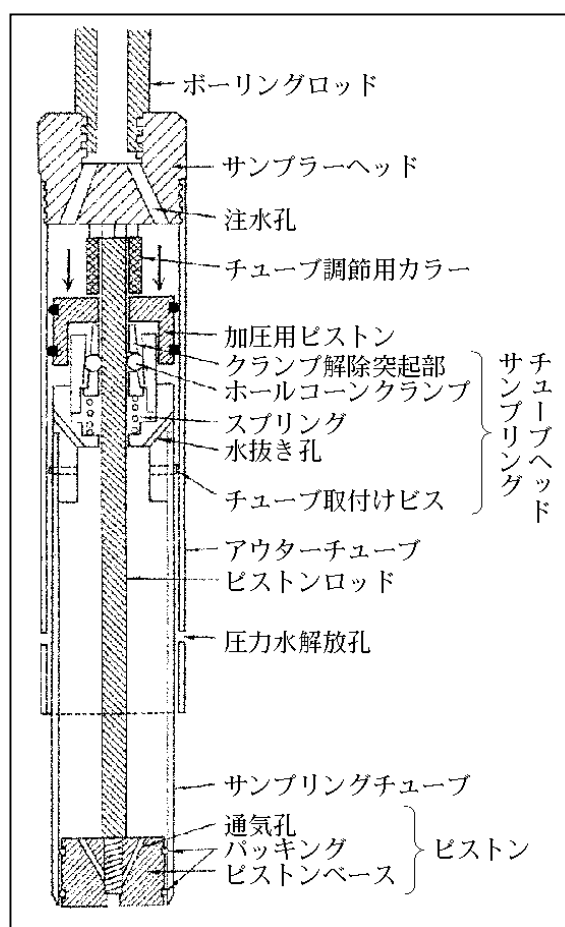


図 3.4.1 水圧式サンプラーの構造模式図

3.5 室内土質試験

室内土質試験は、物理特性及び力学特性を把握する事を目的とし実施する。
土質試験の項目、方法ならびに規格は、表 3.5.1 に示すとおりである。

表 3.5.1 室内土質試験の項目と方法・規格

試験項目		試験方法・規格
物 理	土粒子の密度試験	JIS A 1202
	土の含水比試験	JIS A 1203
	土の粒度試験	JIS A 1204
	土の液性限界試験	JIS A 1205
	土の塑性限界試験	JIS A 1205
	土の湿潤密度試験	JIS A 1225
力 学	土の三軸圧縮試験(UU)	JGS 0521
	土の圧密試験	JIS A 1217

3.6 現場浸透試験

1) 調査方法

雨水浸透施設を計画するにあたり、簡易型施設を用いて浸透試験を実施し、対象地盤の浸透能力を直接測定する。

簡易型試験方法には、ボアホール法と土研法があり、原則として定水位法で実施するものとした。なお、今回の調査においては、試験方法は「土研法」で実施した。(図 3.6.1 土研法で用いる試験施設図 参照)

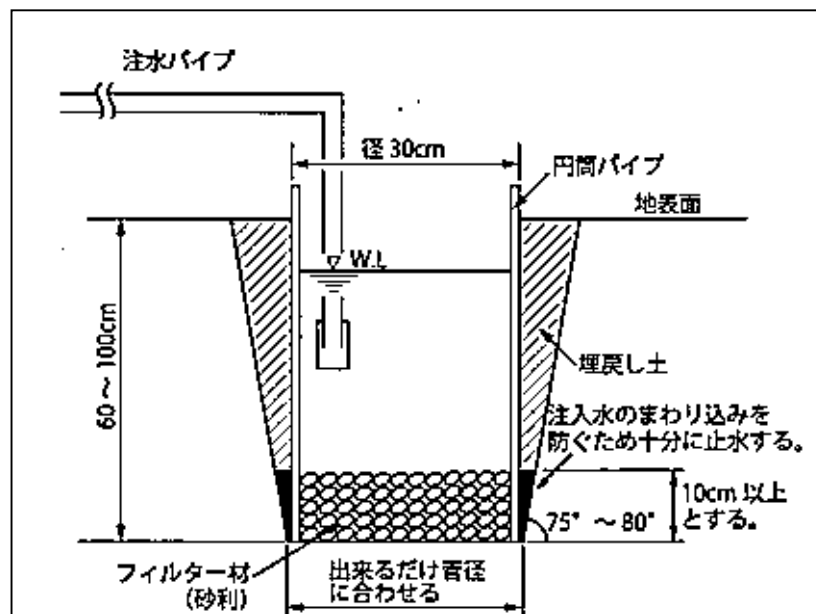


図 3.6.1 土研法で用いる試験施設図

2)試験方法

下記の手順により土研法による試験を実施した。

掘削

浸透試験箇所の掘削を行う。浸透面直前まで、バックホウ等による機械掘削及びスコップ等で人力掘削を行う。

浸透面の手入れ

浸透面は、熊手やワイヤブラシ、直ナイフ等で目荒らしを行い、本来の浸透能を把握できるよう丹念に手入れする。

円筒パイプのセット

円筒パイプは、若干地中に押し込むようにセットする。

1. パイプ先端からの水のまわり込みを防ぐため、パイプ外側のピット底部分に粘土などを投入し、強く踏み固めてシールする。
2. 更に、掘削土をパイプ外側に埋め戻し、締め固める。
3. パイプ内底部に砂利あるいは砕石を静かに入れる。この際、浸透面をいためないように注意する。

定水位試験

1. 湛水深に相当する水位まで水を注入し、初期条件とする。
2. 水源からの注水量をバルブなどで調整し、湛水深 80cm を維持する。
3. 経過時間ごとに流量計で注水量を測定する。測定時間間隔は 10 分を目安とするが、変化の著しい場合には測定時間間隔を細かくする。
4. 注水量がほぼ一定になるまで、2～3 を継続する。試験継続時間の目安は 2 時間程度である。

原状復帰

最後に円筒パイプを引き抜き、掘削土を埋め戻し、締め固めて原状復帰し試験を終了する。

参考文献 社団法人 雨水貯留浸透技術協会

「増補改訂 雨水浸透施設技術指針[案]調査・計画編 平成 18 年 9 月」

- 第 2 編 現地調査 第 4 章 現地浸透試験 P.33～34 参照 -

3)試験結果の整理

データシートと記録

測定値は、データシートに記録し、整理・保存する。データシートには、施設形状、設定湛水深ならびに注水時の単位時間当り浸透量及び累加浸透量などの記録の他に、目詰まりや浸透能力との関係把握に必要な注入水の水質（濁り）、水温（気温）なども記録する。

終期浸透量

浸透試験結果は、単位時間当り浸透量と注水時間の関係図として整理する。注水を継続すると単位時間当り浸透量はほぼ一定値に近づくので、この量を終期浸透量とする。

なお、2時間の注水を行っても浸透量が一定にならない場合は、注水を打ち切り、その時の浸透量を終期浸透量とする。（図3.6.2 浸透量の時間変化図 参照）

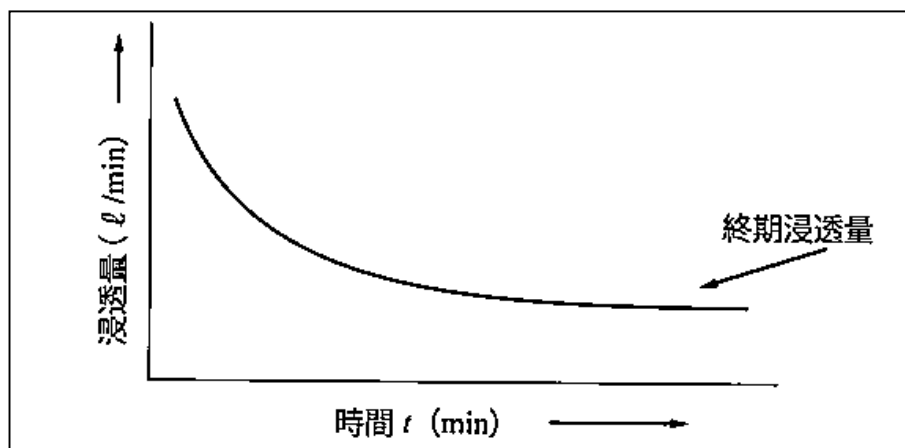


図 3.6.2 浸透量の時間変化図

参考文献 社団法人 雨水貯留浸透技術協会

「増補改訂 雨水浸透施設技術指針[案]調査・計画編 平成18年9月」

- 第2編 現地調査 第4章 現地浸透試験 P.34 参照 -

4 . 調査結果

4 . 1 調査ボーリング

調査ボーリングは、調査位置平面図（図 1.2）に示すように BorNo.1～BorNo.4 の 4 箇所で行った。その概要を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 調査ボーリングの概要

孔番	深度 (m)	標高 (m)	標準貫入試験 (回)	孔内水平載 荷試験 (回)	土質試験 (試料)	計画施設
No.1	50.00	105.56	50	1	4	焼却場
No.2	50.00	114.14	50	1	4	最終処分場
No.3	54.00	92.46	54	—	—	雨水調整池
No.4	27.00	102.81	27	—	—	浸出水処理施設
計	181.00	—	181	2	8	—

また、ボーリング結果の詳細は、巻末の「ボーリング柱状図」に示すが、BorNo.1～BorNo.4 で確認された地層は、表 4.1.2 の「地質層序表」に示すように 9 層に区分される。

次に、各層の地質状況及び N 値の状況について述べる。

表 4.1.2 地質層序表

地質時代			地層名	土質	記号	N 値	特 徴
新 生 代	第四紀	完新世	黒ボク	ローム	Kb	2～6	黒褐色から暗褐色を呈する有機質の火山灰質粘性土で、粘性は中位。植物根を混入する。 「軟らかい粘性土」地盤。
			赤ボク	ローム	Ab	2～5	褐色から赤褐色を呈する不均質な火山灰質粘性土で、粘性は中位から強い。砂分は細粒砂からなる。 「軟らかい粘性土」地盤。
		更新世	阿蘇4火砕流堆積物	火山灰質シルト	A4-c	0～4	褐灰色や明褐灰色を呈する火山灰質粘性土で、粘性は中位から強く、小礫や軽石を若干混入する。砂分は細～中粒砂からなる。 「非常に軟らかい粘性土」地盤。
				火山灰質砂～礫混り火山灰質砂	A4-s	1～39	灰色や褐灰色等を呈する細粒砂主体の火山灰質砂で、小礫や軽石を若干混入する。軽石を多く混入する所もある。 「中くらい～密な砂質土」地盤。
				火山灰質砂礫	A4-g	25～50/26	暗褐灰色や褐灰色等を呈する中～粗粒砂主体の砂とφ4cmまでの角礫からなる火山灰質の砂礫。スコリアや軽石を多く混入する。 「中くらい～非常に密な礫質土」地盤。
			阿蘇4/3間堆積物	固結シルト	A4/3-h	31～50/10	褐灰色や茶褐色等を呈する固結した火山灰質粘性土で、棒状コアとして採取される。砂分や小礫を混入する。 「固結した粘性土」地盤。
				火山灰質シルト	A4/3-l	1～17	褐色や赤褐色を呈する火山灰質粘性土で、粘性は中位で含水量が多い。 「かたい粘性土」地盤。
			阿蘇3火砕流堆積物	火山灰質砂	A3-s	13～20	褐灰色から暗褐灰色を呈する中～粗粒砂主体の火山灰質砂で、φ3cmまでの角礫を混入する。部分的にシルト分を多く混入する所もある。 「中くらい砂質土」地盤。
				火山灰質砂礫	A3-g	50～50/10	暗褐灰色を呈する中～粗粒砂主体の砂とφ3cmまでの角礫からなる火山灰質の砂礫。φ1cm程度の軽石が点在する。 「中くらい～非常に密な礫質土」地盤。

(1)黒ボク(Kb)：ローム

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	0.00～3.60	105.56～101.96	3.60	2～5
No2	0.00～2.15	114.14～111.99	2.15	4
No3	0.00～3.40	92.46～89.06	3.40	2～6
No4	0.00～1.00	102.81～101.81	1.00	-

調査地付近の地表面を覆うように分布する地層で、層厚 1.00～3.60mを有している。

土質は、中位の粘り気を有する火山灰質粘性土で、含水量は中位である。色調は黒褐～暗褐色を呈する。最上部には植物根を含んでいる。

N 値は 2～6 回を示し、相対稠度「軟らかい～中位の粘性土」に対比される。

(2)赤ボク(Ab)：ローム

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	3.60～5.80	101.96～99.76	2.20	3
No2	2.15～5.90	111.99～108.24	3.75	2～5
No3	3.40～7.50	89.06～84.96	4.10	2～5
No4	1.00～3.40	101.81～99.41	2.40	3～4

Kb 層の下位に分布する地層で、層厚 2.20～4.10mを有している。

土質は、中位～やや強い粘り気を有する火山灰質粘性土で、含水量は中位～やや多い状態である。色調は黄褐～褐色を呈する。部分的に白色の小軽石を含んでいる。

N 値は 2～5 回を示し、相対稠度「軟らかい～中位の粘性土」に対比される。

(3)阿蘇 4 火砕流堆積物(A4-c)：火山灰質シルト

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	5.80～17.00	99.76～88.56	11.20	0～3
No2	5.90～19.55	108.24～94.59	13.65	0～3
No3	7.50～14.30	84.96～78.16	6.80	0～1
No4	3.40～10.90	99.41～91.91	7.50	2～4

Ab 層の下位に分布する地層で、層厚 6.80～13.65mを有しており、北へ行くほど層厚が薄くなる傾向がある。

土質は、中位～やや強い粘り気を有する火山灰質粘性土で、含水量は中位～やや多い状態である。特に下部では含水量が多くなる傾向がある。炭化物やくされ軽石、角閃石などを含

んでいる。

N 値は 0～4 回を示し、相対稠度「非常に軟らかい～軟らかい粘性土」に対比される。

(4)阿蘇 4 火砕流堆積物(A4-s)：火山灰質砂～礫混り火山灰質砂

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	17.00～41.95	88.56～63.61	24.95	1～26
No2	19.55～45.00	94.59～69.14	25.45	7～24
No3	14.30～31.40	78.16～61.06	17.10	6～24
No4	10.90～27.00	91.91～75.81	16.10	8～37

A4-c 層の下位に分布する地層で、層厚 16.10～25.45mを有しており、北へ行くほど層厚が薄くなる傾向がある。No.4 では下面を確認していない。

土質は、細粒砂主体の火山灰質砂からなり、含水量は少ない状態である。φ数 mm～2cm 程度の軽石やスコリアを含んでおり、下部でやや軽石などの含有量が多くなる傾向がある。

N 値は 1～37 回を示し、最上部で N 値が低い他は、全体的には相対密度「中位～密な砂」に対比される。

(5)阿蘇 4 火砕流堆積物(A4-g)：火山灰質砂礫

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	41.95～45.85	63.61～59.71	3.90	25～43
No2	45.00～45.65	69.14～68.49	0.65	32
No3	31.40～33.00	61.06～59.46	1.60	50/26
No4	-	-	-	-

A4-s 層の下位に分布する地層で、層厚 0.65～3.90mを有しており、北東へ行くほど層厚が薄くなる傾向がある。

土質は、中粒砂～粗粒砂主体の砂と φ0.5～3cm 程度の礫からなる火山灰質の砂礫であり、含水量はやや少ない～やや多い状態である。スコリアや軽石を多く含んでいる。

N 値は 25～50/26 回を示し、相対密度「中位～非常に密な砂」に対比される。

(6)阿蘇 4/3 間堆積物(A4/3-h)：固結シルト

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	45.85 ~ 50.00	59.71 ~ 55.56	4.15	50/12 ~ 33
No2	45.65 ~ 50.00	68.49 ~ 64.14	4.35	50/29 ~ 50/10
No3	33.00 ~ 34.90	59.46 ~ 57.56	1.90	31
No4	-	-	-	-

A4-g 層の下位に分布する地層で、層厚 1.90 ~ 4.35mを有しており、北へ行くほど層厚が薄くなる傾向がある。

土質は、固結した火山灰質の粘性土からなり、含水量は少ない状態である。φ 0.5 ~ 2cm 程度の礫を含んでいる。

N 値は 31 ~ 50/10 回を示し、相対稠度「固結した粘性土」に対比される。

(7)阿蘇 4/3 間堆積物(A4/3-l)：火山灰質シルト

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	-	-	-	-
No2	-	-	-	-
No3	34.90 ~ 44.40	57.56 ~ 48.06	9.50	1 ~ 17
No4	-	-	-	-

A4/3-h の下位に分布する地層で、層厚 9.50mを有している。

土質は、中位の粘り気を有する火山灰質の粘性土からなり、含水量は多い状態である。φ 1 ~ 2cm 程度の礫を含んでいる。

N 値は 1 ~ 17 回を示し、一部 N 値が低い他はおおむね相対稠度「固い粘性土」に対比される。

(8)阿蘇 3 火砕流堆積物(A3-s)：火山灰質砂

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	-	-	-	-
No2	-	-	-	-
No3	44.40～48.40	48.06～44.06	4.00	13～20
No4	-	-	-	-

A4/3-I の下位に分布する地層で、層厚 4.00mを有している。

土質は、中粒砂～粗粒砂主体の火山灰質の砂からなり、含水量は少ない状態である。部分的にシルト分を含んでおり、含水量が多くなる。

N 値は 13～20 回を示し、相対密度「中位の砂」に対比される。

(9)阿蘇 3 火砕流堆積物(A3-g)：火山灰質砂礫

孔 番	分布深度(m)	分布標高(m)	層 厚(m)	N 値
No1	-	-	-	-
No2	-	-	-	-
No3	48.40～54.00	44.06～38.46	5.60	50～50/10
No4	-	-	-	-

本調査で確認した地層の中で最も下位に分布する地層で、層厚 5.60m以上を有している。

土質は、中粒砂～粗粒砂主体の火山灰質砂と $\phi 1 \sim 3\text{cm}$ 程度の角礫からなる砂礫で、含水量は中位の状態である。 $\phi 1\text{cm}$ 程度の軽石を含んでいる。

N 値は 50～50/10 回を示し、相対密度「非常に密な砂」に対比される。

4.2 標準貫入試験

ボーリング調査と並行し、JIS-A-1219(2001)に準拠して標準貫入試験を実施した。試験結果は、巻末資料のボーリング調査柱状図に併記しているが、一覧にして表 4.2.2 に示し、整理結果を表 4.2.1 に示す。

なおN値の整理にあたっては、N値 50 以上の箇所については次式を用いて換算したN値を用いる事とし、5cm 未満の貫入量のN値や礫障害などの異常値と判断されるN値は棄却した。

$$\text{換算N値} = 50 \text{ 回} \times \frac{30 \text{ (cm)}}{50 \text{ 回打撃時の貫入量 (cm)}} \quad (\text{但し } 300 \text{ が上限})$$

表 4.2.1 標準貫入試験結果整理一覧表

地層名 (土質)	記 号	測定 個数	N 値範囲			代表 N 値 (回)
			最小 N 値 (回)	最大 N 値 (回)	平均 N 値 (回)	
黒ボク (ローム)	Kb	7	2	6	3.3	3.3
赤ボク (ローム)	Ab	13	2	5	3.4	3.4
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質シルト)	A4-c	39	0	4	1.0	1.0
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質砂～ 礫混り火山灰質砂)	A4-s	84	1	39	21.7	21.7
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質砂礫)	A4-g	6	25	58	34.0	34.0
阿蘇4/3間堆積物 (固結シルト)	A4/3-h	12	31	150	88.6	88.6
阿蘇4/3間堆積物 (火山灰質シルト)	A4/3-l	10	1	17	10.9	10.9
阿蘇3火砕流堆積物 (火山灰質砂)	A3-s	4	13	20	16	16
阿蘇3火砕流堆積物 (火山灰質砂礫)	A3-g	6	50	150	92	50

表 4.2.2 標準貫入試験結果一覧表

孔番	測定日	当日の掘進 深度	当日のケーシングパイプ 挿入深度	翌朝の 孔内水位	備考
		(GL-.)			
BorNo.1	1/6	2.00	0.00	なし	無水掘進
	1/7	10.00	2.00	なし	無水掘進
	1/8	20.00	2.00	なし	無水掘進
	1/9	25.00	2.00	なし	無水掘進
	1/10	31.00	2.00	なし	無水掘進
	1/13	37.00	2.00	なし	無水掘進
	1/14	43.00	2.00	なし	無水掘進
	1/15	46.00	2.00	なし	無水掘進
	1/21	46.00	44.00	15.60	送水作業
	1/22	48.00	46.00	15.60	送水掘進
	1/23	50.00	46.00	15.24	送水掘進・検尺実施・検尺後水位
BorNo.2	2/3	2.00	0.00	なし	無水掘進
	2/4	6.00	6.00	なし	無水掘進
	2/5	15.00	15.00	10.30	送水掘進
	2/6	22.00	19.50	なし	無水掘進
	2/7	27.00	19.50	なし	無水掘進
	2/9	32.00	19.50	なし	無水掘進
	2/10	37.00	19.50	なし	無水掘進
	2/11	41.00	20.50	なし	無水掘進
	2/12	45.00	20.50	44.45	無水掘進
	2/13	46.00	43.00	44.30	送水掘進
	2/16	48.00	46.00	44.30	送水掘進
	2/17	50.00	46.00	23.05	送水掘進・検尺実施・検尺後水位
BorNo.3	2/27	7.00	1.00	なし	無水掘進
	2/28	16.00	1.00	なし	無水掘進
	3/2	25.00	1.00	なし	無水掘進
	3/3	33.00	1.00	なし	無水掘進
	3/4	33.00	33.00	23.80	拡削送水作業
	3/5	34.00	33.00	16.50	送水掘進
	3/6	38.00	33.00	22.00	送水掘進
	3/7	44.00	33.00	43.00	送水掘進
	3/9	49.00	33.00	47.90	送水掘進
	3/10	51.00	51.00	12.43	送水掘進
	3/12	54.00	51.00	34.25	送水掘進
BorNo.4	2/9	4.00	0.00	-	無水掘進
	2/13	15.00	1.00	なし	無水掘進
	2/14	27.00	1.00	なし	無水掘進
	2/16		1.00	なし	検尺実施

4.3 孔内水位

ボーリング掘進中には、毎日作業開始前に孔内水位を測定している。その測定水位をまとめて示したのが表 4.3.1 及び図 4.3.1「掘進中の孔内水位変化図」で、以下に各孔の孔内水位状況について記述する。

表 4.3.1 ボーリング作業中の孔内水位測定表

孔番	測定日	当日の掘進 深度	当日のケーシングパイプ 挿入深度	翌朝の 孔内水位	備考
		(GL-.)			
BorNo.1	1/6	2.00	0.00	なし	無水掘進
	1/7	10.00	2.00	なし	無水掘進
	1/8	20.00	2.00	なし	無水掘進
	1/9	25.00	2.00	なし	無水掘進
	1/10	31.00	2.00	なし	無水掘進
	1/13	37.00	2.00	なし	無水掘進
	1/14	43.00	2.00	なし	無水掘進
	1/15	46.00	2.00	なし	無水掘進
	1/21	46.00	44.00	15.60	送水作業
	1/22	48.00	46.00	15.60	送水掘進
1/23	50.00	46.00	15.24	送水掘進・検尺実施・検尺後水位	
BorNo.2	2/3	2.00	0.00	なし	無水掘進
	2/4	6.00	6.00	なし	無水掘進
	2/5	15.00	15.00	10.30	送水掘進
	2/6	22.00	19.50	なし	無水掘進
	2/7	27.00	19.50	なし	無水掘進
	2/9	32.00	19.50	なし	無水掘進
	2/10	37.00	19.50	なし	無水掘進
	2/11	41.00	20.50	なし	無水掘進
	2/12	45.00	20.50	44.45	無水掘進
	2/13	46.00	43.00	44.30	無水掘進
	2/16	48.00	46.00	44.30	送水掘進
	2/17	50.00	46.00	23.05	送水掘進・検尺実施・検尺後水位
BorNo.3	2/27	7.00	1.00	なし	無水掘進
	2/28	16.00	1.00	なし	無水掘進
	3/2	25.00	1.00	なし	無水掘進
	3/3	33.00	1.00	なし	無水掘進
	3/4	33.00	33.00	23.80	拡削送水作業
	3/5	34.00	33.00	16.50	送水掘進
	3/6	38.00	33.00	22.00	送水掘進
	3/7	44.00	33.00	43.00	送水掘進
	3/9	49.00	33.00	47.90	送水掘進
	3/10	51.00	51.00	12.43	送水掘進
	3/12	54.00	51.00	34.25	送水掘進
	BorNo.4	2/9	4.00	0.00	-
2/13		15.00	1.00	なし	無水掘進
2/14		27.00	1.00	なし	無水掘進
2/16			1.00	なし	検尺実施

(1) BorNo.1 孔

深度 46m まで無水掘りにより掘削を行っているが、孔内水位は測定されていない。その後、ケーシングを挿入し送水掘りにより掘削を継続し、深度 15m 付近で孔内水位が測定されている。この孔内水位は、不透水層と考えられる固結シルト層付近までケーシングを挿入したための作業用水の溜まり水と考えられ、調査深度内に地下水位はないと判断される。

(2) BorNo.2 孔

深度 45m まで無水掘りにより掘削を行い、深度 44.85m で自然水位を確認し、その翌朝に深度 44.45m で孔内水位が測定されている。その後は、深度 44.3m でほぼ平衡した水位が測定されており、地下水位は、深度 44.3m 付近に存在すると判断される。掘削終了後の水位は、作業用水のたまり水である。

(3) BorNo.3 孔

深度 33m まで無水掘りにより掘削を行っているが、孔内水位は測定されていない。その後、ケーシング挿入のために送水しながら作業を継続し、掘進と共に孔内水位は低下し、深度 49m 掘進時に深度 47.9m で孔内水位が測定されている。その後の比較的高い水位は、ケーシング挿入による作業用水のたまり水と判断される。地下水位は、深度 47.9m 以深に存在すると考えられる。

(4) BorNo.4 孔

深度 27m の掘削完了後まで孔内水位は確認されず、調査深度内に地下水位はないと判断される。

図 4.3.1(1) BorNo1 孔 掘進中の孔内水位変化図

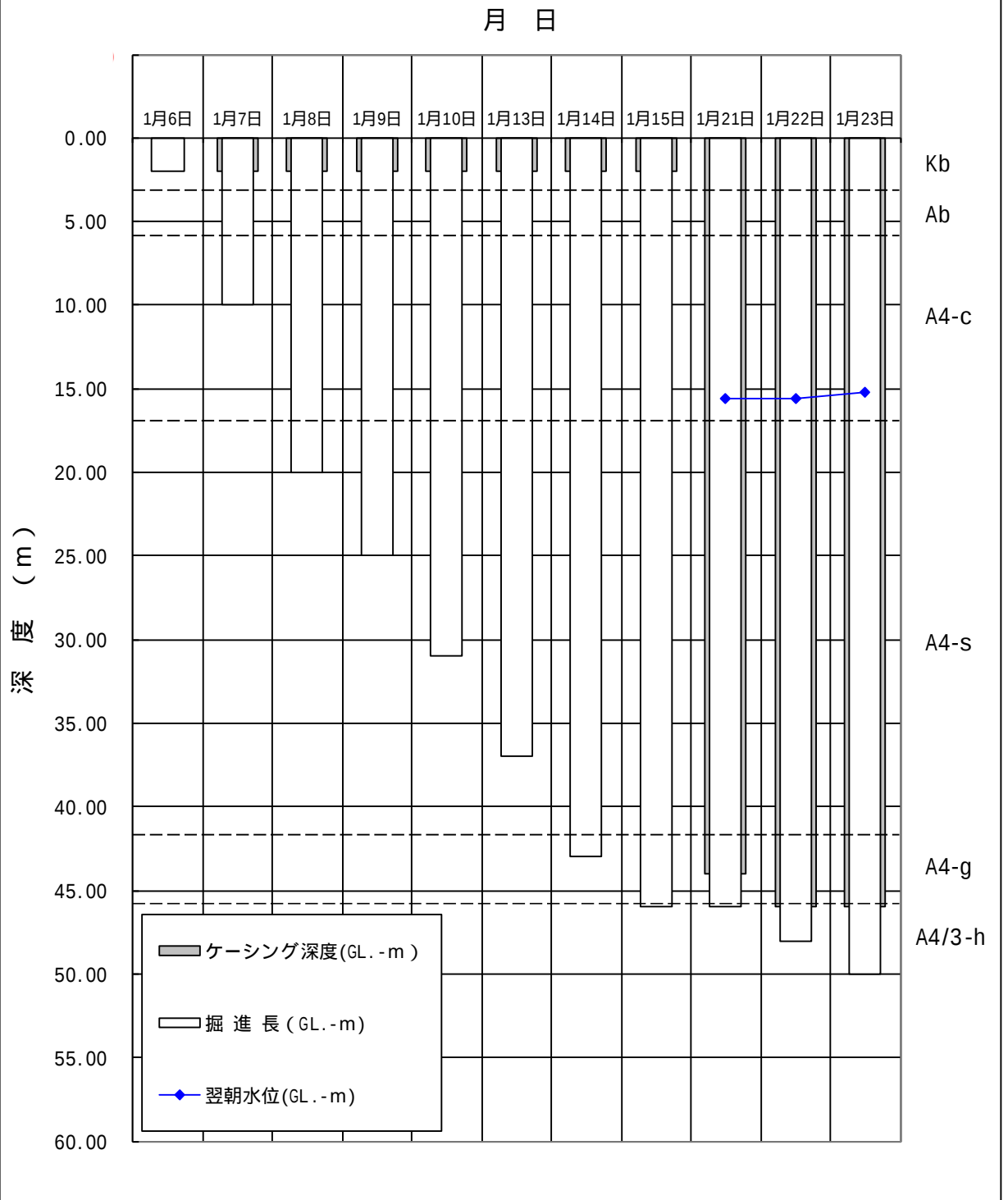


図 4.3.1(2) BorNo2 孔 掘進中の孔内水位変化図

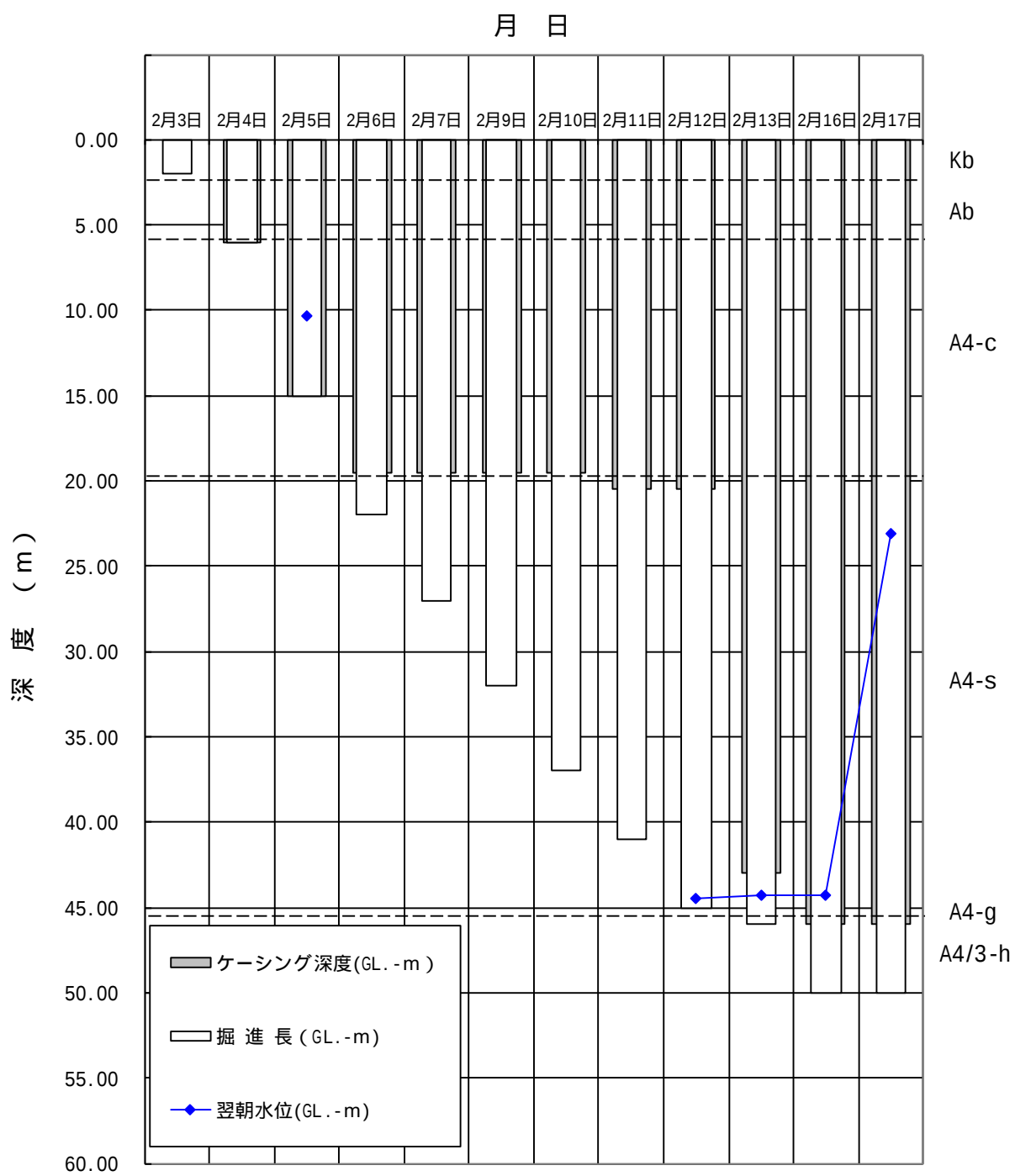
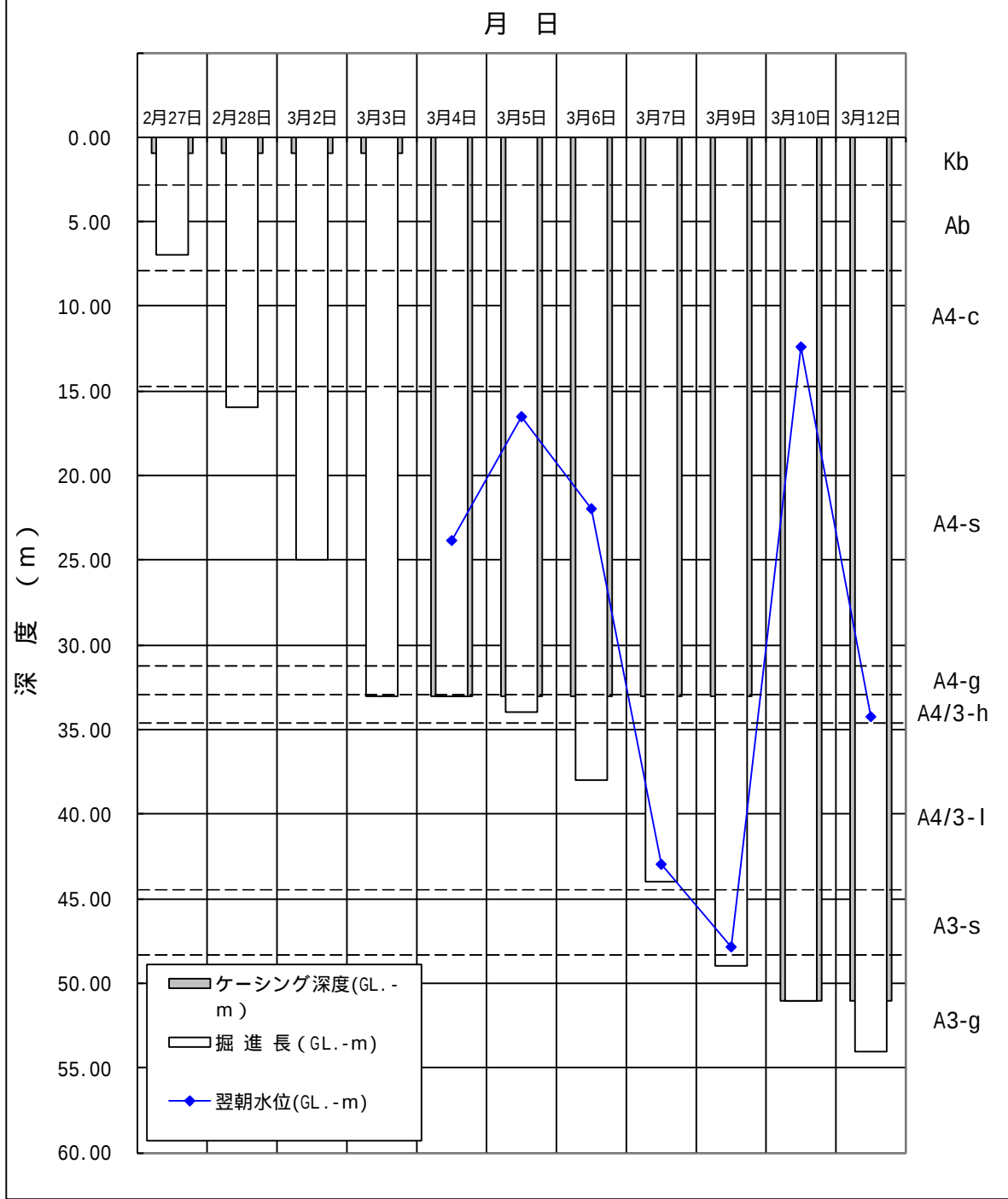


図 4.3.1(3) BorNo3 孔 掘進中の孔内水位変化図



4.4 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験は、地盤の変形係数、降伏圧等を把握する試験であり、BorNo.1 および BorNo.2 の赤ボク層で実施した。

試験結果は、表 4.4.1、図 4.4.1 および巻末の「孔内水平載荷試験データシート」に示す通りである。

表 4.4.1 孔内水平載荷試験結果一覧表

孔番	深度 (m)	対象層 (層記号)	N 値 (回)	静止土圧 Po(kN/ m ²)	降伏圧 Py(kN/ m ²)	破壊圧 PL(kN/ m ²)	地盤係数 Km(MN/ m ³)	変形係数 Em(kN/ m ²)
No.1	4.60	赤ボク (Ab)	3	14.9	121.7	175.3	80,290	3,349
No.2	4.00	赤ボク (Ab)	3	9.41	101.5	120.3	142,000	5,689
平均	-	-	3	24.3	111.6	295.6	111,145	4,519

ここで、N 値と孔内水平載荷試験により求められる変形係数 Em の関係式として一般的に次の式が挙げられる。

$$Em = \alpha \cdot N \quad (\text{kN} / \text{m}^2) \quad [\quad \alpha = 400 \sim 1,000 \quad = 700 \quad]$$

今回の試験結果では、 $Em = (1116 \sim 1896) \times N = 1506 \times N$ の関係式が得られる。

- ・ No.1(GL-4.60m)・・・ $Em = 3349 \text{ kN} / \text{m}^2 = \alpha \times 3$ ・・・ $\alpha = 3349/3 = 1116$
- ・ No.2(GL-4.00m)・・・ $Em = 5689 \text{ kN} / \text{m}^2 = \alpha \times 3$ ・・・ $\alpha = 5689/3 = 1896$
- ・ 平均・・・ $\alpha = (1116+1896)/2 = 1506$

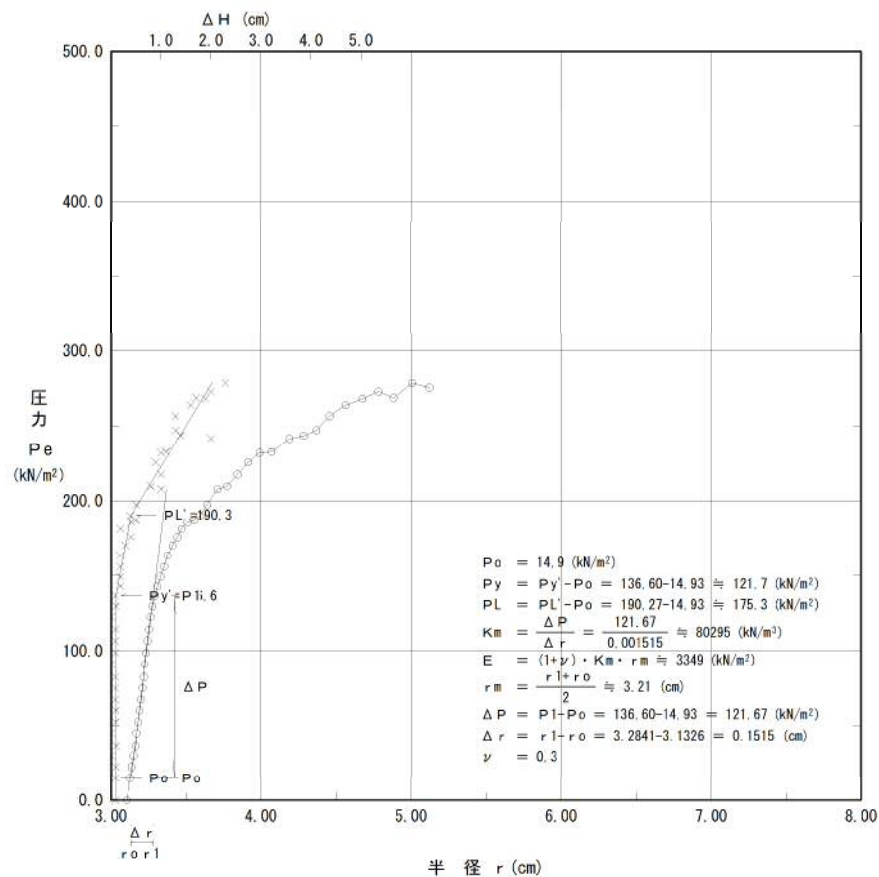


図 4.4.1(1) 孔内水平載荷試験の解析図 (調査ボーリング No.1、GL-4.60m)

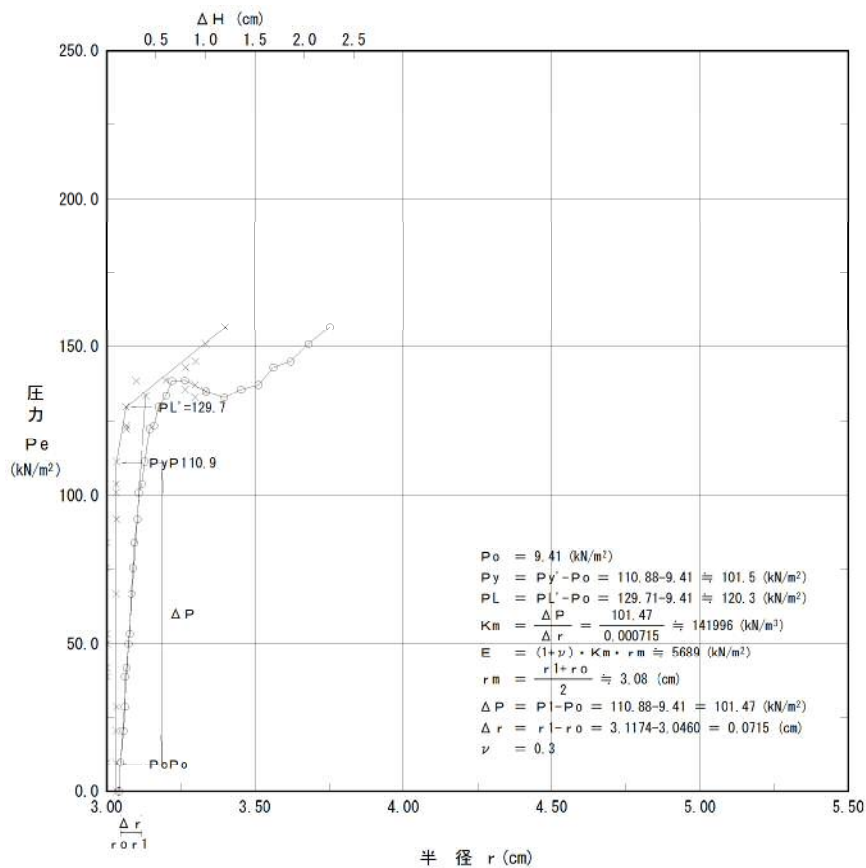


図 4.4.1(2) 孔内水平載荷試験の解析図 (調査ボーリング No.2、GL-4.00m)

4.5 室内土質試験

今回実施した室内土質試験結果の詳細は巻末の「室内土質試験データシート」に示した。なお、室内土質試験の実施数量は以下のとおりである。

表 4.5.1 室内土質試験の実施数量一覧

試験項目		実施数量(試料)		
		No.1	No.2	計
物理特性	土粒子の密度	4	4	8
	含水比	4	4	8
	粒度	4	4	8
	液性限界	4	4	8
	塑性限界	4	4	8
	湿潤密度	4	4	8
力学特性	三軸圧縮 (UU)	4	4	8
	圧密試験	4	4	8

表 4.5.2 土質試験結果総括表

孔 番	深度 (GL- m ~ m)			柱状図の 土質名称 [地層,区分記号]	N 値 (回)	土粒子 の密度 ρ _s (g / cm ³)	含水比 ω (%)	湿潤密度 ρ _t (g / cm ³)	粒 度 試 験																	地盤材料の 工学的分類名	コンシステンシー試験			三軸圧縮試験 (UU)		圧密試験			
									粒度分布 (%)					ふるい通過百分率 (%)			粒 径 (mm)						均等 係数	曲率 係数	粒度組成 (%)		液性 限界 WL (%)	塑性 限界 Wp (%)	塑性 指数 Ip (%)	全応力		圧縮 指数 Cc	圧密 降伏 応力 Pc (kN/m ²)		
																														C (kN/m ²)	φ (°)				
									礫分	砂分	シルト分	粘土分	細粒分Fc	2mm	0.425mm	0.075mm	D _{max}	D ₆₀	D ₅₀	D ₃₀	D ₂₀	D ₁₀	U _c	U _c '	■ 礫分 ■ 砂分 ■ 細粒分Fc										
No. 1	1.00	~	1.35	ローム [黒ボク層 Kb]	2	2.492	134.7	1.259	0.2	6.1	86.1	7.6	93.7	99.8	99.1	93.7	4.75	0.0380	0.0330	0.0240	0.0190	0.0086	4.42	1.76	0.2	93.7	砂まじり火山灰質粘性土 (型)黒ぼく [VH ₂ -S]	191.6	118.4	73.2	63.7	7.68	1.053	134.6	
	4.90	~	5.80	ローム [赤ボク層 Ab]	3	2.856	57.7	1.616	2.8	24.4	42.0	30.8	72.8	97.2	89.5	72.8	9.5	0.0390	0.0200	0.0047	0.0011	-	-	-	2.8	24.4	72.8	砂質火山灰質粘性土 (型)赤ぼく [VH ₁ S]	66.4	42.3	24.1	37.7	3.6	0.581	155.9
	7.00	~	8.00	火山灰質シルト [阿蘇4火砕流堆積物 A4-c]	1	2.832	77.1	1.458	2.1	28.7	44.6	24.6	69.2	97.9	88.6	69.2	9.5	0.0420	0.0240	0.0078	0.0030	-	-	-	2.1	28.7	69.2	砂質火山灰質粘性土 (型)灰土 [VH ₁ S]	59.6	39.1	20.5	41.5	4.0	0.462	214.5
	12.00	~	13.10	火山灰質シルト [阿蘇4火砕流堆積物 A4-c]	0	2.853	65.3	1.551	5.3	36.1	39.6	19.0	58.6	94.7	83.3	58.6	9.5	0.0830	0.0460	0.0110	0.0055	-	-	-	5.3	36.1	58.6	礫まじり火山灰質粘性土 (型)灰土 [VH ₁ S-G]	52.0	31.7	20.3	42.6	3.99	0.601	275.1
No. 2	1.30	~	2.10	ローム [黒ボク層 Kb]	3	2.601	122.5	1.291	0.0	15.7	62.7	21.6	84.3	100.0	97.7	84.3	2.0	0.0370	0.0270	0.0150	0.0041	-	-	-	0.0	84.3	砂質火山灰質粘性土 (型)黒ぼく [VH ₂ S]	214.0	92.2	121.8	59.8	9.48	1.196	211.3	
	4.00	~	5.10	ローム [赤ボク層 Ab]	3	2.783	102.1	1.401	0.4	6.9	86.2	6.5	92.7	99.6	97.7	92.7	4.75	0.0340	0.0290	0.0210	0.0170	0.0110	3.09	1.18	0.4	92.7	砂まじり火山灰質粘性土 (型)赤ぼく [VH ₂ -S]	170.9	70.7	100.2	44.2	8.7	1.525	165.0	
	10.00	~	10.85	火山灰質シルト [阿蘇4火砕流堆積物 A4-c]	1	2.867	62.8	1.531	1.6	34.4	30.0	34.0	64.0	98.4	87.2	64.0	9.5	0.0490	0.0170	0.0039	0.0011	-	-	-	1.6	34.4	64.0	砂質火山灰質粘性土 (型)灰土 [VH ₁ S]	54.3	33.0	21.3	36.1	5.47	0.757	301.5
	14.00	~	14.85	火山灰質シルト [阿蘇4火砕流堆積物 A4-c]	0	2.854	62.5	1.525	2.5	33.6	29.9	34.0	63.9	97.5	86.8	63.9	9.5	0.0550	0.0210	0.0037	-	-	-	-	2.5	33.6	63.9	砂質火山灰質粘性土 (型)灰土 [VH ₁ S]	58.4	33.7	24.7	46.9	3.8	0.718	316.6

- ・ 物理試験結果

物理試験は、土の基本的性質や地層判別等の検討に必要な物理性状を把握する目的で、乱れの少ない試料を用いて、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界試験、塑性限界試験及び土の湿潤密度試験の計 6 項目を実施した。

以下、それぞれの物理試験結果について述べる。

(1) 土粒子の密度

土粒子の密度は、土粒子の基本物性量で鉄分や有機物を極端に含まなければ土によって大きな差はない。一般的な無機質土であれば $\rho_s = 2.6 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ の値を示すものが多い。表 4.5.3 に土粒子の密度の測定例を、今回の試験結果を表 4.5.4 にそれぞれ示す。

今回試験を実施した主な土質は、ロームと火山灰質シルトである。試験で得られた値はいずれの土質も $2.5 \sim 2.9 \text{ g/cm}^3$ の範囲を示しており、一般的な値よりやや大きい値の傾向があるが、大差はない。

表 4.5.3 土粒子の密度の測定例

	密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	土質名	密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$
石 英	2.6 ~ 2.7	豊浦砂	2.64
長 石	2.5 ~ 2.8	沖積砂質土	2.6 ~ 2.8
雲 母	2.7 ~ 3.2	沖積粘性土	2.50 ~ 2.75
角閃石	2.9 ~ 3.5	洪積砂質土	2.6 ~ 2.8
輝 石	2.8 ~ 3.7	洪積粘性土	2.50 ~ 2.75
磁鉄鉱	5.1 ~ 5.2	泥炭（ピート）	1.4 ~ 2.3
クロライト	2.6 ~ 3.0	関東ローム	2.7 ~ 3.0
イライト	2.6 ~ 2.7	まさ土	2.6 ~ 2.8
カオリナイト	2.5 ~ 2.7	しらす	1.8 ~ 2.4
モンモリロナイト	2.0 ~ 2.4	黒ぼく	2.3 ~ 2.6

社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，p101，2010.

表 4.5.4 地層別土粒子の平均密度

柱状図の土質名称	地層区分 [記号]	土粒子の密度 平均値 (g/cm^3)	密度の範囲 (g/cm^3)	細粒分含有率 $F_c(\%)$
ローム	黒ボク [Kb]	2.547	2.492 ~ 2.601	84.3 ~ 93.7
ローム	赤ボク [Ab]	2.820	2.783 ~ 2.856	72.8 ~ 92.7
火山灰質シルト	阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c]	2.852	2.832 ~ 2.867	58.6 ~ 69.2

(2) 含水比

わが国における土の含水比は、沖積層の砂質土で 10 ~ 30% 程度、粘性土では 30 ~ 150% 程度、高有機質土で 80 ~ 1200% 程度がおおよそその範囲であり、細粒分、有機分が多くなると含水比は高くなる傾向にある。

今回の試験結果を表 4.5.5 にまとめて示し、細粒分含有率との関係をまとめて図 4.5.1 に示す。これより、調査地付近の土質については、細粒分が増えると含水比が高くなることが確認できる。

表 4.5.5 地層別土の含水比の試験結果

柱状図の土質名称	地層区分 [記号]	含水比平均値 (%)	含水比の範囲 (%)	細粒分含有率 $F_c(\%)$
ローム	黒ボク [Kb]	128.6	122.5 ~ 134.7	84.3 ~ 93.7
ローム	赤ボク [Ab]	79.9	57.7 ~ 102.1	72.8 ~ 92.7
火山灰質シルト	阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c]	66.9	62.5 ~ 77.1	58.6 ~ 69.2

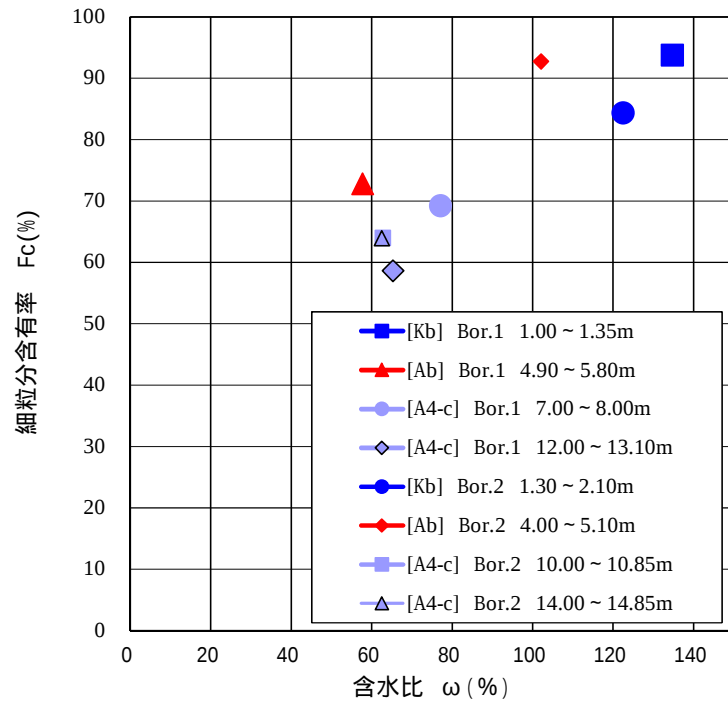


図 4.5.1 含水比と細粒分含有率の関係図

(3) 粒度

粒度試験の目的は、主として土を構成する粒子の構成割合を調べて土の分類に使用することであり、また砂質土の透水性の推定、液状化の推定などに使われる。

本試験の結果、得られた層別の粒度特性及び工学的分類について、以下に取りまとめた。

黒ボク [Kb] : ローム (試料数 2)

- ・ 全質量の 80 ~ 90% を細粒分 (粒径 0.075mm 未満) が占める、細粒分に偏った粒径幅の狭い粒度分布を示す。
- ・ 地盤材料の工学的分類上「砂まじり火山灰質粘性土 (II 型) (VH_2-S) 」もしくは「砂質火山灰質粘性土 (II 型) (VH_2S) 」に分類される。

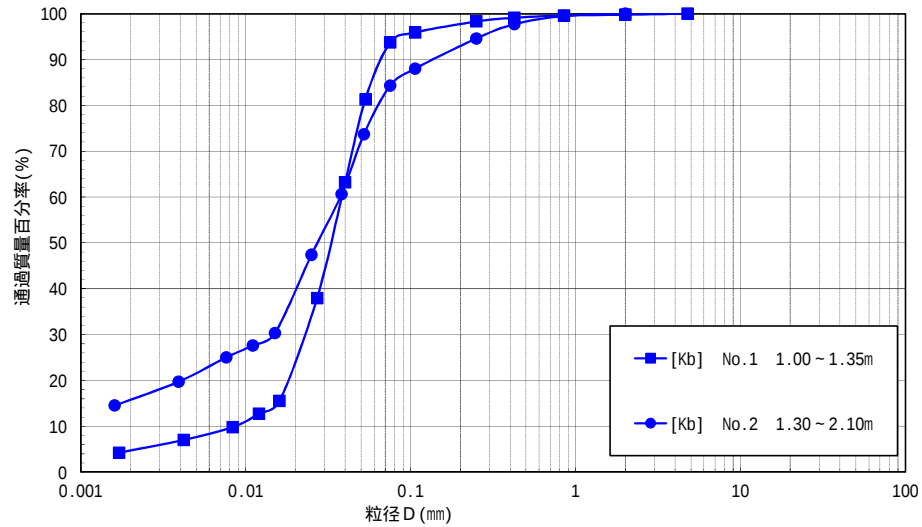


図 4.5.2 黒ボク粒径加積曲線

赤ボク [Ab] : ローム (試料数 2)

- ・ 全質量の 70 ~ 90% を細粒分 (粒径 0.075mm 未満) が占める。No.1 付近では粒径幅の広い分布を示すが、No.2 付近では細粒分に偏った粒度分布を示す。
- ・ 地盤材料の工学的分類上「砂質火山灰質粘性土 (I 型) (VH_1-S) 」もしくは「砂まじり火山灰質粘性土 (II 型) (VH_2-S) 」に分類される。

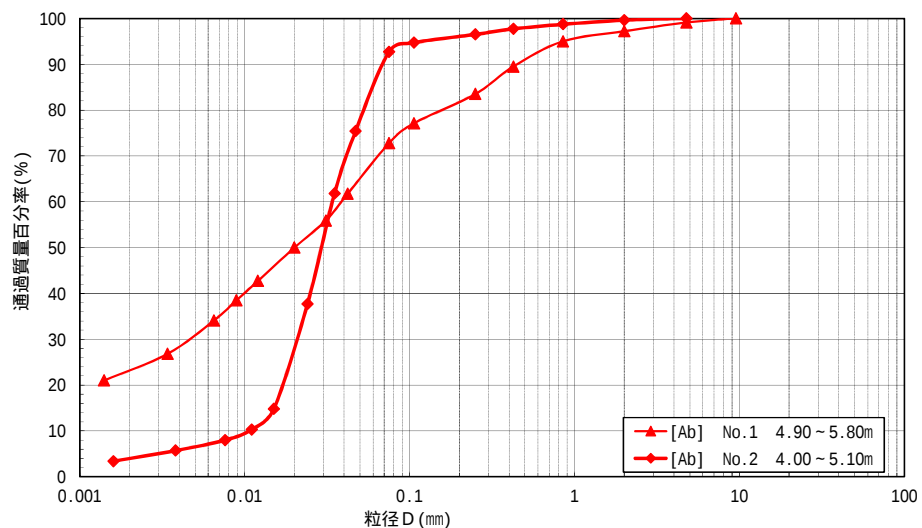


図 4.5.3 赤ボク粒径加積曲線

阿蘇 4 火砕流堆積物[A4-c]：火山灰質シルト（試料数 4）

- 全質量の 60～65%を細粒分(粒径 0.075mm 未満)が占める。粒径加積曲線がなだらかなことから均等係数が大きい粘土から粗礫までを含む粒径幅の広い粒度分布を示す。
- 地盤材料の工学的分類上「砂質火山灰質粘性土（Ⅰ型）(VH1S)」もしくは「礫混り火山灰質粘性土（Ⅰ型）(VH1S-G)」に分類される。

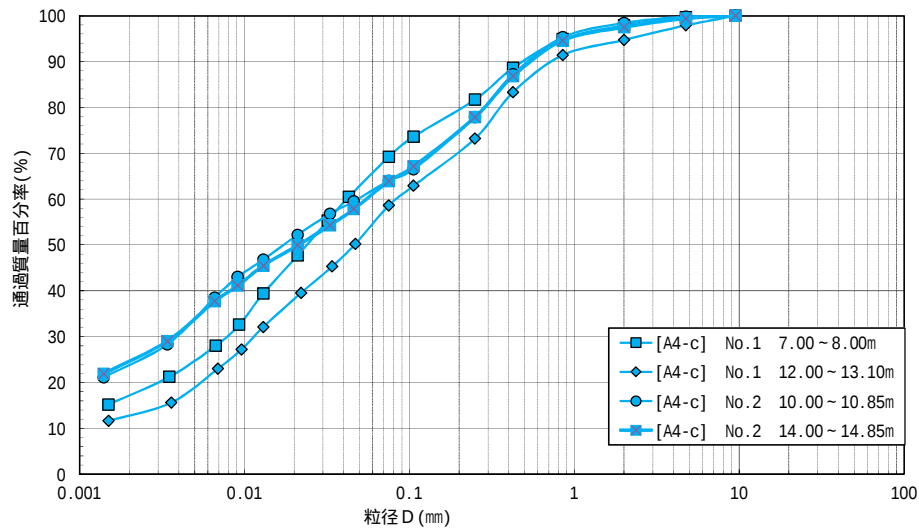


図 4.5.4 阿蘇 4 火砕流堆積物(火山灰質シルト)粒径加積曲線

(4) 液性限界・塑性限界

表 4.5.6 に土の液性・塑性限界値の事例を、表 4.5.7 に試験結果を示す。

今回の試験では液性限界、塑性限界ともに一般的な数値からそれよりも大きな値が得られている。液性限界が自然含水比を上回ることから、現状土としては比較的安定した状態にある土層と言えるが、A4-c などでは自然含水比と液性限界が近いから、乱したときに強度が極端に低下するおそれがあるといえる。

表 4.5.6 土の液性・塑性限界値の事例

土の種類	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)
粘土（沖積層）	50～130	30～60
シルト（沖積層）	30～80	20～50
粘土（洪積層）	35～90	20～50
関東ローム	80～150	40～80

社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，p146，2010.を参考

表 4.5.7 コンシステンシー試験結果

柱状図の土質名称 [地層区分, 記号]	地層区分 [記号]	液性限界 ω_L の範囲 (%) [平均値]	塑性限界 ω_P の範囲 (%) [平均値]	塑性指数 I_P の範囲 [平均値]
ローム	黒ボク [Kb]	191.6 ~ 214.0 [202.8]	92.2 ~ 118.4 [105.3]	73.2 ~ 121.8 [97.5]
ローム	赤ボク [Ab]	66.4 ~ 170.9 [118.7]	42.3 ~ 70.7 [56.5]	24.1 ~ 100.2 [62.2]
火山灰質シルト	阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c]	52.0 ~ 59.6 [56.1]	31.7 ~ 39.1 [34.4]	20.3 ~ 24.7 [21.7]

(5) 湿潤密度

表 4.5.8 に土の密度のおおよその範囲を、試験結果を表 4.5.9 に示す。

表 4.5.8 我が国における土の密度のおおよその範囲^{註1)}

	沖積層		洪積層 粘性土	関 東 ローム	高有機 質 土
	粘性土	砂質土			
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.2~1.8	1.6~2.0	1.6~2.0	1.2~1.5	0.8~1.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.5~1.4	1.2~1.8	1.1~1.6	0.6~0.7	0.1~0.6
含水比 w (%)	30~150	10~30	20~40	80~180	80~1 200

社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，p181，2010.を参考

表 4.5.9 土の湿潤密度試験結果

孔番	深 度 (GL-m)	土質名 [断面図記号]	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	間隙比 e	飽和度 S_r (%)
No.1	1.00 ~ 1.35	黒ボク [Kb]	1.259	0.539	3.670	92.0
	4.90 ~ 5.80	赤ボク [Ab]	1.616	1.021	1.797	92.6
	7.00 ~ 8.00	阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c]	1.458	0.826	2.435	89.3
	12.00 ~ 13.10	阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c]	1.551	0.935	2.051	91.6
No.2	1.30 ~ 2.10	黒ボク [Kb]	1.291	0.581	3.482	91.4
	4.00 ~ 5.10	赤ボク [Ab]	1.401	0.692	3.031	94.4
	10.00 ~ 10.85	阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c]	1.531	0.941	2.054	88.0
	14.00 ~ 14.85	阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c]	1.525	0.937	2.053	87.5

本試験の結果、以下のような特徴が得られた。

- ・ 黒ボク [Kb] : ローム

本層の湿潤密度は $1.259 \sim 1.291 \text{ g/cm}^3$ であり、一般的な堆積土層の範囲では、関東ロームの範囲内の値を示す。

- ・ 赤ボク [Ab] : ローム

本層の湿潤密度は $1.401 \sim 1.616 \text{ g/cm}^3$ であり、一般的な堆積土層の範囲では、関東ロームの範囲内からやや大きめの値を示す。これは、大きめの値を示した試料が砂分などの粗粒分をやや多く含んでいるためであると推測される。

- ・ 阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c] : 火山灰質シルト

本層の湿潤密度は $1.458 \sim 1.551 \text{ g/cm}^3$ であり、一般的な堆積土層の範囲では、ほぼ関東ロームの範囲内の値を示す。

- ・ 力学試験結果

力学試験は、計画構造物の基礎構造の検討に必要なせん断特性や圧密特性を把握する目的で、乱れの少ない試料を用いて、非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験と段階載荷による圧密試験の2項目を実施した。

以下、それぞれの力学試験結果について述べる。

(1) 非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験

非圧密非排水三軸圧縮試験結果を表 4.5.10 および図 4.5.5 にそれぞれ示す。

< 黒ボク [Kb] より採取した乱れの少ない試料 >

Kb 層より採取した「乱れの少ない試料」の試験結果からは、全応力で $c = 59.8 \sim 63.7 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi = 7.68 \sim 9.48^\circ$ が得られた。

< 赤ボク [Ab] より採取した乱れの少ない試料 >

Ab 層より採取した「乱れの少ない試料」の試験結果からは、全応力で $c = 37.7 \sim 44.2 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi = 3.60 \sim 8.70^\circ$ が得られた。

< 阿蘇 4 火砕流堆積物 [A4-c] より採取した乱れの少ない試料 >

A4-c 層より採取した「乱れの少ない試料」の試験結果からは、全応力で $c = 36.1 \sim 46.9 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi = 3.80 \sim 5.47^\circ$ が得られた。

表 4.5.10 非圧密非排水三軸圧縮試験結果

孔 番	試験 条件	深度 (GL - m ~ m)	柱状図の 土質名称 [地層, 区分記号]	土粒子 の密度 ρ_s (g/cm ³)	セル圧 σ_c (kN/m ²)	主応力差最大時		強度定数	
						軸ひずみ ε_{af} (%)	圧縮強さ ($\sigma_a - \sigma_r$) _{max} (kN/cm ²)	全応力	
								Cu (kN/m ²)	ϕ_u (°)
No.1	UU	1.00 ~ 1.35	ローム [黒ボク層 Kb]	2.492	20	7.40	150.9	63.7	7.68
					40	7.10	160.7		
					60	6.10	163.2		
		4.90 ~ 5.80	ローム [赤ボク層 Ab]	2.856	40	9.00	85.8	37.7	3.6
					80	7.20	90.4		
					120	12.30	96.5		
		7.00 ~ 8.00	火山灰質シルト [阿蘇4火砕流堆積物 A4-c]	2.832	50	6.80	96.1	41.5	4.0
					100	4.80	104.6		
					150	6.60	111.1		
		12.00 ~ 13.10	火山灰質シルト [阿蘇4火砕流堆積物 A4-c]	2.853	100	2.10	105.1	42.6	3.99
					200	1.80	123.7		
					300	2.00	135.0		
No.2	UU	1.30 ~ 2.10	ローム [黒ボク層 Kb]	2.601	20	8.60	150.6	59.8	9.48
					40	8.60	154.8		
					60	7.80	166.2		
		4.00 ~ 5.10	ローム [赤ボク層 Ab]	2.783	30	11.30	111.8	44.2	8.7
					60	13.40	129.7		
					90	7.70	133.0		
		10.00 ~ 10.85	火山灰質シルト [阿蘇4火砕流堆積物 A4-c]	2.867	80	9.20	95.5	36.1	5.47
					160	8.90	114.6		
					240	7.70	129.2		
		14.00 ~ 14.85	火山灰質シルト [阿蘇4火砕流堆積物 A4-c]	2.854	100	9.20	115.4	46.9	3.8
					200	8.50	127.0		
					300	7.40	143.8		

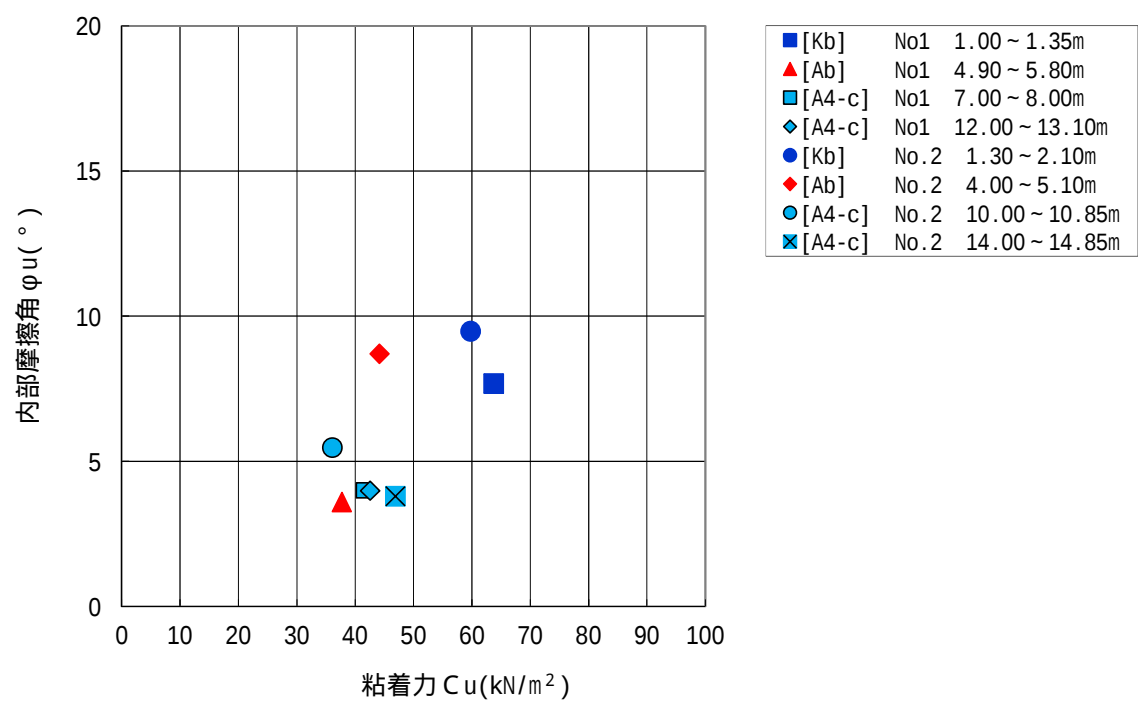


図 4.5.5 c - ϕ 関係図

(2) 圧密試験

< 黒ボク [Kb] より採取した乱れの少ない試料 >

Kb 層の圧密試験では、圧縮指数 $C_c = 1.053 \sim 1.196$ 、圧密降伏応力 $p_c = 134.6 \sim 211.3 \text{ kN/m}^2$ が得られた。

圧密の変形特性 $e - \log P$, $\log C_v - \log P$, $\log M_v - \log P$ の各曲線をそれぞれ図 4.5.6 に示す。

なお単位体積重量 γ による有効土被り圧 P_0 と対比すると、圧密降伏応力 p_c は大きな値を示しており、過圧密状態であると判断される。

有効土被り圧 P_0

・ No.1 地点

サンプリング 深度 1.17m $P_0 = 12.4 \times 1.17 = 14.1 \text{ kN/m}^2 < 134.6 \text{ kN/m}^2 = p_c$

・ No.2 地点

サンプリング 深度 1.70m $P_0 = 12.7 \times 1.70 = 21.6 \text{ kN/m}^2 < 211.3 \text{ kN/m}^2 = p_c$

< 赤ボク [Ab] より採取した乱れの少ない試料 >

Ab 層の圧密試験では、圧縮指数 $C_c = 0.581 \sim 1.525$ 、圧密降伏応力 $p_c = 155.9 \sim 165.0 \text{ kN/m}^2$ が得られた。

圧密の変形特性 $e - \log P$, $\log C_v - \log P$, $\log M_v - \log P$ の各曲線をそれぞれ図 4.5.7 に示す。

なお単位体積重量 γ による有効土被り圧 P_0 と対比すると、圧密降伏応力 p_c は大きな値を示しており、過圧密状態であると判断される。

有効土被り圧 P_0

・ No.1 地点

サンプリング 深度 5.35m $P_0 = 12.4 \times 3.6 + 15.9 \times 1.75 = 72.5 \text{ kN/m}^2 < 155.9 \text{ kN/m}^2 = p_c$

・ No.2 地点

サンプリング 深度 4.55m $P_0 = 12.7 \times 2.15 + 13.7 \times 2.40 = 60.2 \text{ kN/m}^2 < 165.0 \text{ kN/m}^2 = p_c$

<阿蘇 4 火砕流堆積物[A4-c]より採取した乱れの少ない試料>

A4-c 層の圧密試験では、圧縮指数 $C_c = 0.462 \sim 0.757$ 、圧密降伏応力 $p_c = 214.5 \sim 316.6$ kN/m^2 が得られた。

圧密の変形特性 $e - \log P$, $\log C_v - \log P$, $\log M_v - \log P$ の各曲線をそれぞれ図 4.5.8 に示す。

なお単位体積重量 γ による有効土被り圧 P_0 と対比すると、圧密降伏応力 p_c は大きな値を示しており、過圧密状態であると判断される。

有効土被り圧 P_0

・ No.1 地点

$$\begin{aligned} \text{サンプリング深度 } 7.5\text{m} \quad P_0 &= 12.4 \times 3.6 + 15.9 \times 2.2 + 14.8 \times 1.7 \quad 104.8 \text{ kN/m}^2 < 214.5 \text{ kN/m}^2 \\ &= P_c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{サンプリング深度 } 12.55\text{m} \quad P_0 &= 12.4 \times 3.6 + 15.9 \times 2.2 + 14.8 \times 6.75 \quad 179.52 \text{ kN/m}^2 \\ &< 275.1 \text{ kN/m}^2 = P_c \end{aligned}$$

・ No.2 地点

$$\begin{aligned} \text{サンプリング深度 } 10.4\text{m} \quad P_0 &= 12.7 \times 2.15 + 13.7 \times 3.75 + 15.0 \times 4.5 \quad 146.2 \text{ kN/m}^2 \\ &< 301.5 \text{ kN/m}^2 = P_c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{サンプリング深度 } 14.4\text{m} \quad P_0 &= 12.7 \times 2.15 + 13.7 \times 3.75 + 15.0 \times 8.5 \quad 206.18 \text{ kN/m}^2 \\ &< 316.6 \text{ kN/m}^2 = P_c \end{aligned}$$

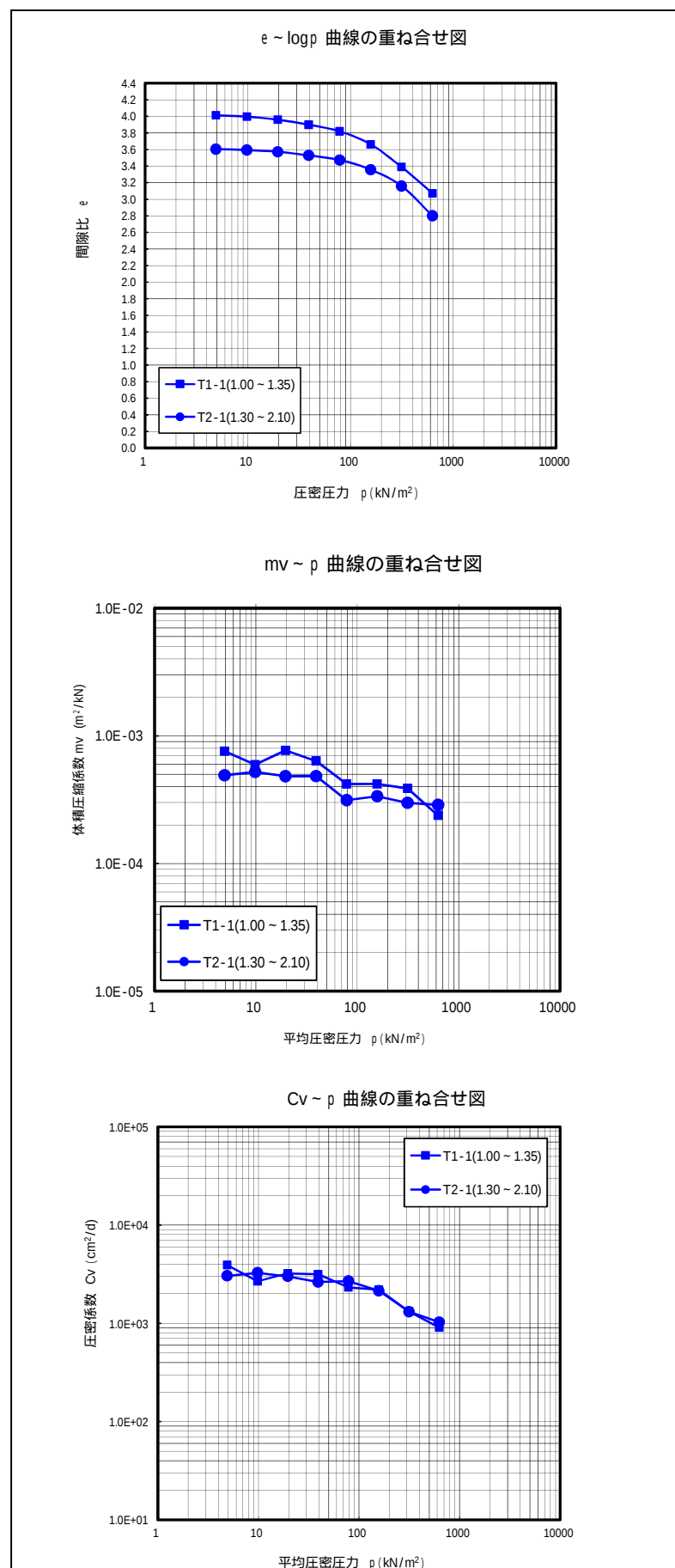


図 4.5.6 圧密曲線 (Kb 層)

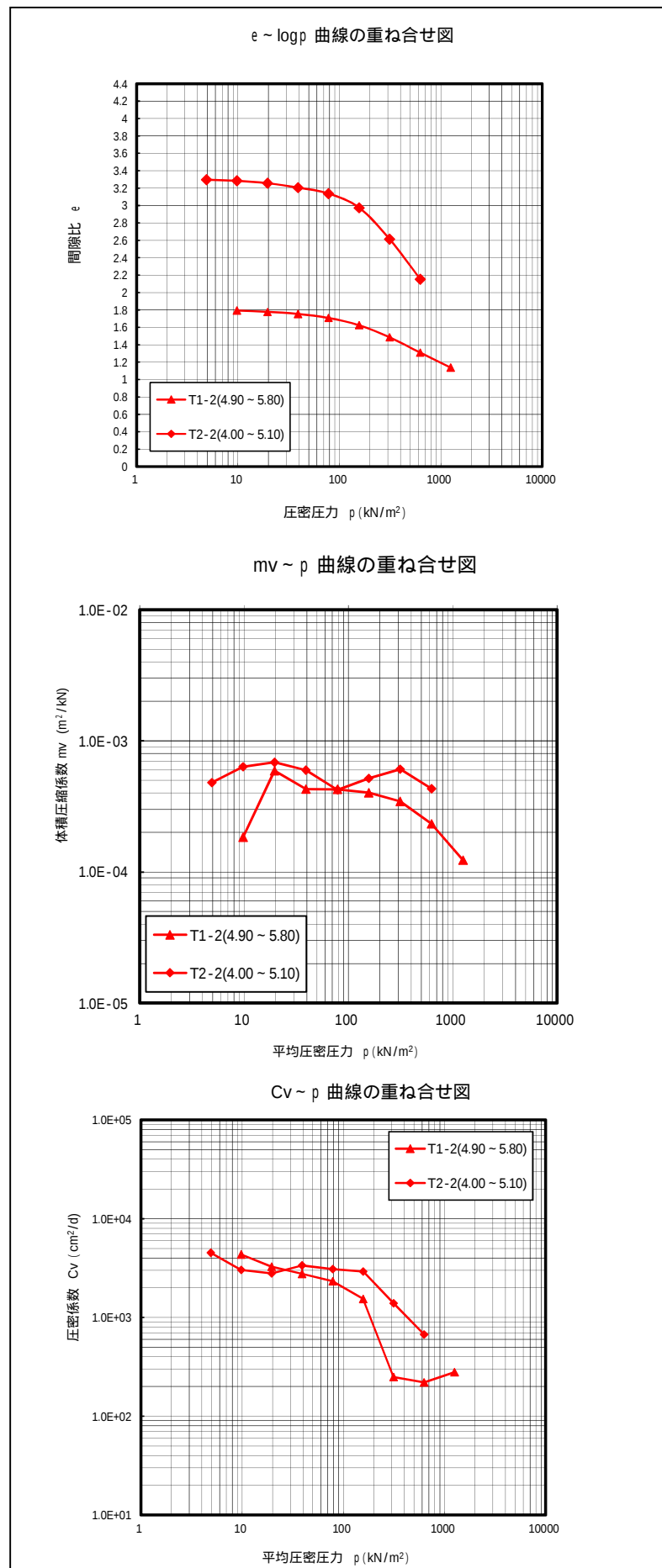


図 4.5.7 圧密曲線 (Ab 層)

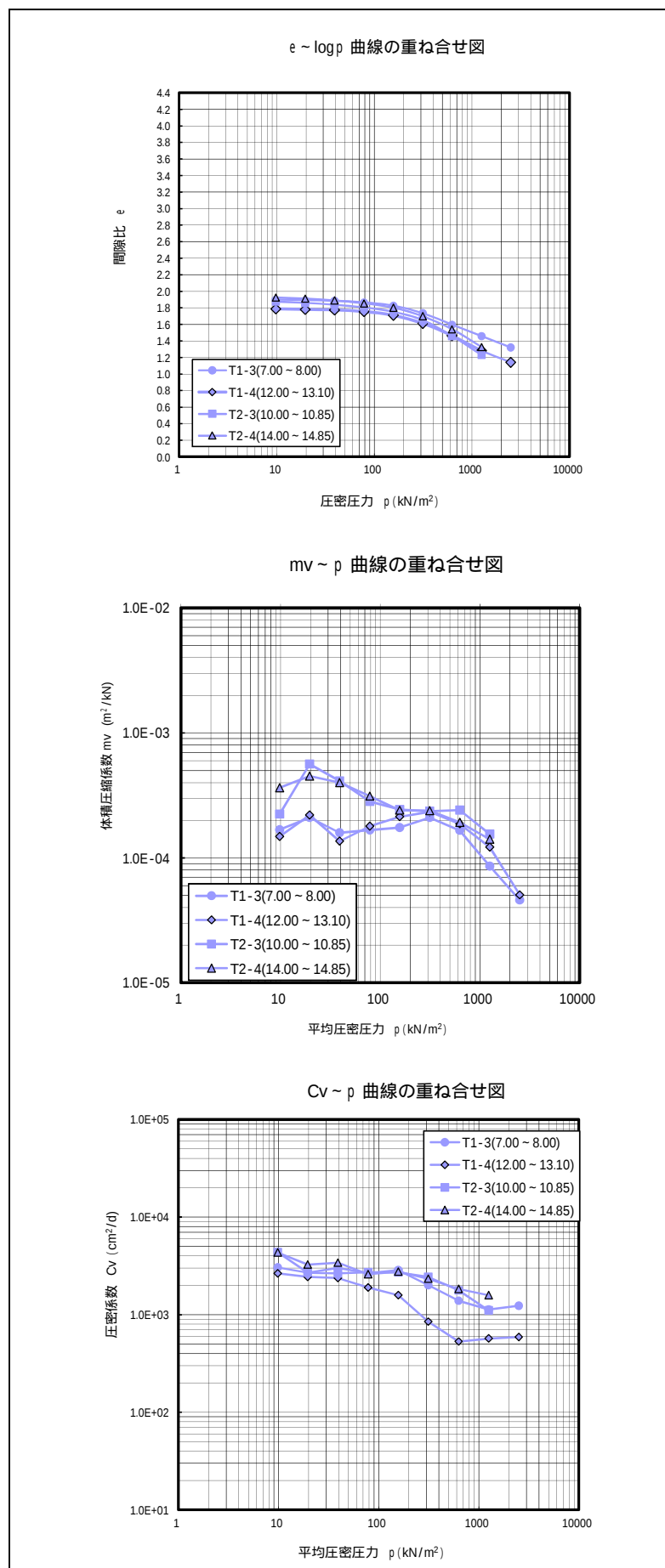


図 4.5.8 圧密曲線 (A4-c 層)

4.6 現場浸透試験

現地浸透試験は、表流水の浸透施設の設置が検討されている、図 1.2 に示す位置で行った。試験結果を表 4.6.1 に示す。

表 4.6.1 現地浸透試験結果一覧表

試験位置	試験深度 (GL- :m)	飽和浸透係数 (m/hr)
浸透試験-1	1.50	3.46×10^{-1}
浸透試験-2	1.00	4.30×10^{-1}
浸透試験-3	1.00	1.19×10^{-1}

5．総合解析とりまとめ

5．1 調査地周辺の地形地質の検討

5.1.1 調査地周辺の地形

調査地付近の地形を、図 5.1.1 に示す。

調査対象敷地は、標高 120m 程度を有する台地地形の北縁付近にあたり、敷地全体が北側に向かってやや緩やかに傾斜しているため、敷地の南端付近では標高 120m 程度を有しているが、北端付近では標高 100m 弱となっている。

また、敷地中央付近に南北に延びる緩い谷地形があり、表流水は No.3 孔方面に向かって流下するような地形である。

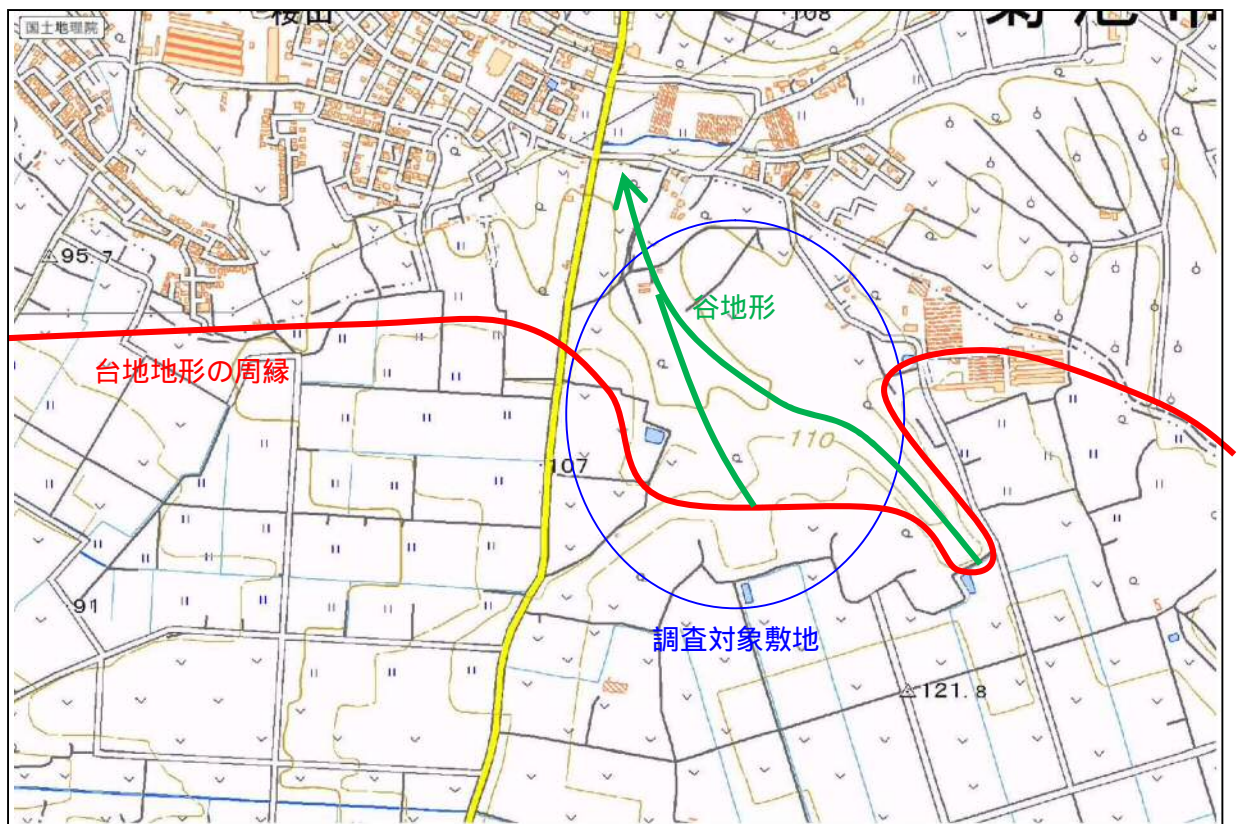


図 5.1.1 調査地周辺の地形

5.1.2 調査地周辺の地質

調査ボーリング No.1～No.4 の結果、表 5.1.1 に示す 9 層が確認された。

この結果に基づき、各調査ボーリング間の地層の分布状況を示す「推定地質断面図」を作成した。以下、各断面の地層分布状況について述べる。

表 5.1.1 調査ボーリング結果による地質区分表

地質時代		地層名	土質	記号	N 値	特 徴	
新 生 代	第 四 紀	完 新 世	黒ボク	ローム	Kb	2～6	黒褐色から暗褐色を呈する有機質の火山灰質粘性土で、粘性は中位。植物根を混入する。 「軟らかい粘性土」地盤。
			赤ボク	ローム	Ab	2～5	褐色から赤褐色を呈する不均質な火山灰質粘性土で、粘性は中位から強い。砂分は細粒砂からなる。 「軟らかい粘性土」地盤。
		更 新 世	阿蘇4火砕流 堆積物	火山灰質シルト	A4-c	0～4	褐灰色や明褐灰色を呈する火山灰質粘性土で、粘性は中位から強く、小礫や軽石を若干混入する。砂分は細～中粒砂からなる。 「非常に軟らかい粘性土」地盤。
				火山灰質砂～ 礫混り火山灰質砂	A4-s	1～39	灰色や褐灰色等を呈する細粒砂主体の火山灰質砂で、小礫や軽石を若干混入する。軽石を多く混入する所もある。 「中くらい～密な砂質土」地盤。
				火山灰質砂礫	A4-g	25～50/26	暗褐灰色や褐灰色等を呈する中～粗粒砂主体の砂とφ4cmまでの角礫からなる火山灰質の砂礫。スコリアや軽石を多く混入する。 「中くらい～非常に密な礫質土」地盤。
			阿蘇4/3間 堆積物	固結シルト	A4/3-h	31～50/10	褐灰色や茶褐色等を呈する固結した火山灰質粘性土で、棒状コアとして採取される。砂分や小礫を混入する。 「固結した粘性土」地盤。
				火山灰質シルト	A4/3-l	1～17	褐色や赤褐色を呈する火山灰質粘性土で、粘性は中位で含水量が多い。 「かたい粘性土」地盤。
			阿蘇3火砕流 堆積物	火山灰質砂	A3-s	13～20	褐灰色から暗褐灰色を呈する中～粗粒砂主体の火山灰質砂で、φ3cmまでの角礫を混入する。部分的にシルト分を多く混入する所もある。 「中くらい砂質土」地盤。
				火山灰質砂礫	A3-g	50～50/10	暗褐灰色を呈する中～粗粒砂主体の砂とφ3cmまでの角礫からなる火山灰質の砂礫。φ1cm程度の軽石が点在する。 「中くらい～非常に密な礫質土」地盤。

(1)No.1～No.2 断面【敷地南側，東西方向】・・・図 5.1.2 参照

- ・ 地形は No.2 から No.1 に向かって傾斜している。
- ・ Kb 層は、層厚 2.15～3.60mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.2 から No.1 に向かってやや層厚を増している。
- ・ Ab 層は、層厚 2.20～3.75mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.2 から No.1 に向かってやや層厚を減じている。
- ・ A4-c 層は、層厚 11.20～13.65mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.2 から No.1 に向かってやや層厚を減じている。
- ・ A4-s 層は、層厚 24.95～25.45mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、層厚はほぼ一定である。
- ・ A4-g 層は、層厚 0.65～3.9mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.2 から No.1 に向かって層厚を増している。

(2)No.1～No.3 断面【敷地西側，南北方向】・・・図 5.1.3 参照

- ・ 地形は、No.1 から No.3 に向かって傾斜している。
- ・ Kb 層は、層厚 3.40～3.60mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、層厚はほぼ一定である。
- ・ Ab 層は、層厚 2.20～4.10mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.1 から No.3 に向かってやや層厚を増している。
- ・ A4-c 層は、層厚 6.80～11.20mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.1 から No.3 に向かって層厚を増している。
- ・ A4-s 層は、層厚 17.10～24.95mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.1 から No.3 に向かって層厚を減じている。
- ・ A4-g 層は、層厚 1.60～3.90mを有している。分布は、ほぼ水平である。
- ・ A4/3-h 層は、層厚 1.90～4.15m以上を有している。分布は、ほぼ水平である。
- ・ A4/3-l 層は、層厚 9.50mを有している。分布は、地形とは逆に No.3 から No.1 に向かって傾斜していると推測される。
- ・ A3-s 層は、層厚 4.00mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A3-g 層は、層厚 5.60m以上を有している。分布形態は不明である。

(3) No.1～No.4 断面【敷地中央付近，北東 - 南西方向】・・・図 5.1.4 参照

- ・ 地形は No.1 から No.4 に向かってわずかに傾斜している。
- ・ Kb 層は、層厚 1.00～3.60mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.1 から No.4 に向かって層厚を減じている。
- ・ Ab 層は、層厚 2.20～2.40mを有している。分布は、ほぼ水平である。
- ・ A4-c 層は、層厚 7.50～11.20mを有している。分布は、ほぼ水平で、No.1 から No.4 孔に向かって層厚を減じている。
- ・ A4-s 層は、層厚 24.95mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A4-g 層は、層厚 3.9mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A4/3-h 層は、層厚 4.15m以上を有している。分布形態は不明である。

(4) No.2～No.4 断面【敷地南東付近，北西 - 南東方向】・・・図 5.1.5 参照

- ・ 地形は No.2 から No.4 に向かって傾斜している。
- ・ Kb 層は、層厚 1.00～2.15mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.2 から No.4 に向かって層厚を減じている。
- ・ Ab 層は、層厚 2.40～3.75mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、層厚はほとんど変化が無い。
- ・ A4-c 層は、層厚 7.50～13.65mを有している。分布の上面は地形の傾斜に沿っているが、分布の下面はほぼ水平である。No.2 から No.4 孔に向かって層厚を減じている。
- ・ A4-s 層は、層厚 25.45mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A4-g 層は、層厚 0.65mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A4/3-h 層は、層厚 4.35m以上を有している。分布形態は不明である。

(5) No.3～No.4 断面【敷地北東付近，北西 - 南東方向】・・・図 5.1.6 参照

- ・ 地形は No.4 から No.3 に向かって傾斜している。
- ・ Kb 層は、層厚 1.00～3.40mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.4 から No.3 に向かって層厚を増している。
- ・ Ab 層は、層厚 2.40～4.10mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、No.4 から No.3 に向かって層厚を増している。
- ・ A4-c 層は、層厚 6.80～7.50mを有している。分布は、ほぼ地形の傾斜に沿っており、層厚はほぼ一定である。
- ・ A4-s 層は、層厚 17.10mを有している。分布形態は不明である。

- ・ A4-g 層は、層厚 1.60mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A4/3-h 層は、層厚 1.90mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A4/3-l 層は、層厚 9.50mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A3-s 層は、層厚 4.00mを有している。分布形態は不明である。
- ・ A3-g 層は、層厚 5.60m以上を有している。分布形態は不明である。

地質時代		地層名	土質	記号	N値	特 徴
新 生 代 更 新 世	完 新 世	黒ボク	ローム	Kb	2～8	黒褐色から暗褐色を呈する有機質の火山灰質粘性土で、粘性は中位。植物根を混入する。 「軟らかい粘性土」地層。
		赤ボク	ローム	Ab	2～5	褐色から赤褐色を呈する不均質な火山灰質粘性土で、粘性は中位から強い。砂分は細粒砂からなる。 「軟らかい粘性土」地層。
	阿蘇4火砕流堆積物	火山灰質シルト	M-c	0～4	褐灰色や明褐灰色を呈する火山灰質粘性土で、粘性は中位から強く、小礫や礫石を若干混入する。砂分は細～中粒砂からなる。 「非常に軟らかい粘性土」地層。	
		火山灰質砂～礫混り火山灰質砂	M-s	1～30	灰色や褐灰色等を呈する細粒砂主体の火山灰質砂で、小礫や礫石を若干混入する。礫石を多く混入する所もある。 「中くらい～やや密な砂質土」地層。	
		火山灰質砂礫	M-g	30～50/28	暗褐灰色や赤褐色等を呈する中～粗粒砂主体の砂とφ4mmまでの角礫からなる火山灰質の砂礫。スコリアや礫石を多く混入する。 「中くらい～非常に密な砂質土」地層。	
		固結シルト	M/3-h	31～50/10	褐灰色や赤褐色等を呈する固結した火山灰質粘性土で、棒状コアとして採取される。砂分や小礫を混入する。 「固結した粘性土」地層。	
		火山灰質シルト	M/3-l	1～17	褐色や赤褐色を呈する火山灰質粘性土で、粘性は中位で含水量が多い。 「かたい粘性土」地層。	
	阿蘇3火砕流堆積物	火山灰質砂	A3-s	13～20	褐灰色から暗褐灰色を呈する中～粗粒砂主体の火山灰質砂で、φ3mmまでの角礫を混入する。部分的にシルト分を多く混入する所もある。 「中くらい～砂質土」地層。	
		火山灰質砂礫	A3-g	50～50/10	暗褐灰色を呈する中～粗粒砂主体の砂とφ3mmまでの角礫からなる火山灰質の砂礫。φ1mm程度の礫石が混在する。 「中くらい～非常に密な砂質土」地層。	

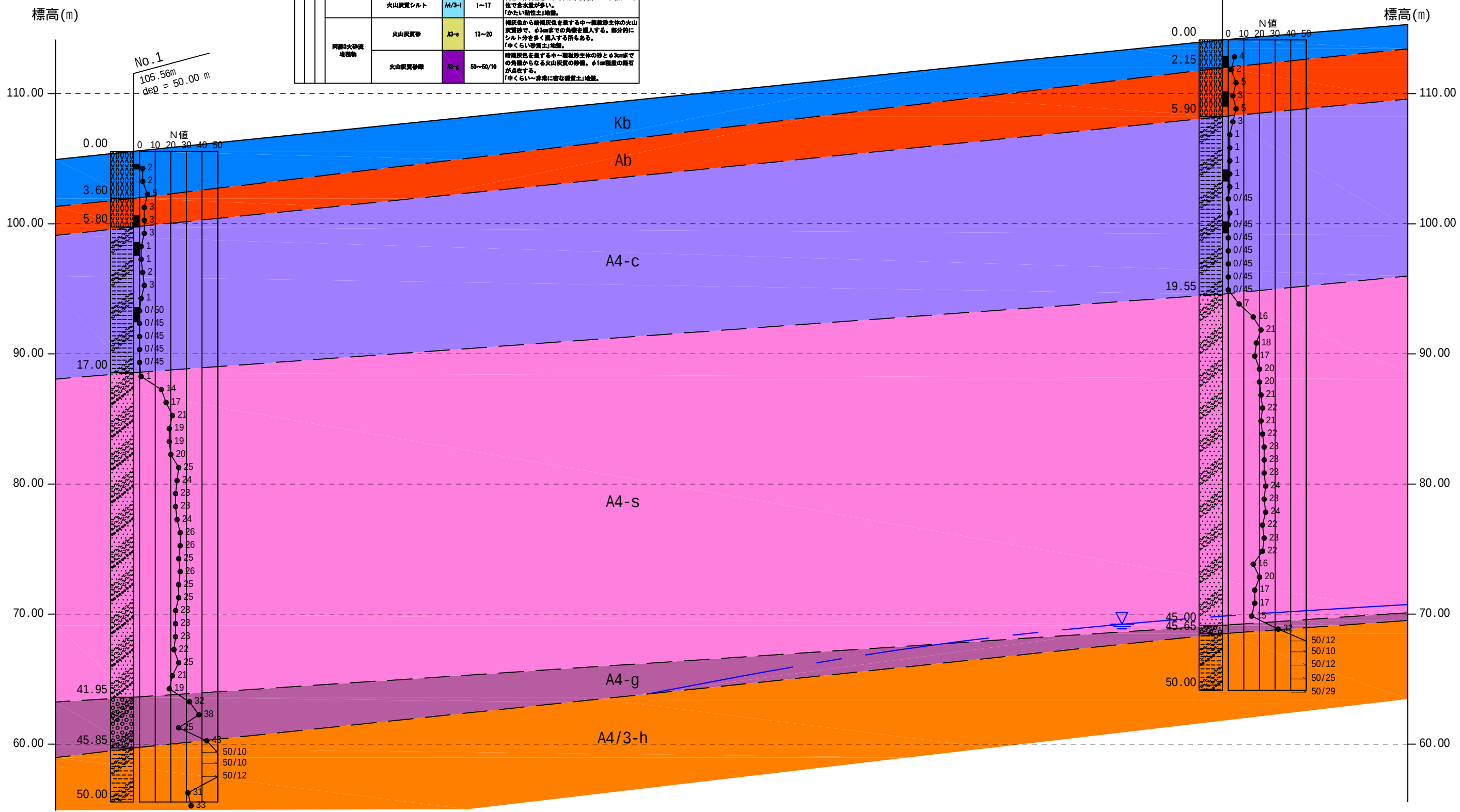


図5.1.2 地質断面図 (No.1-No.2断面)
(V=1:300,H=1:1,000)

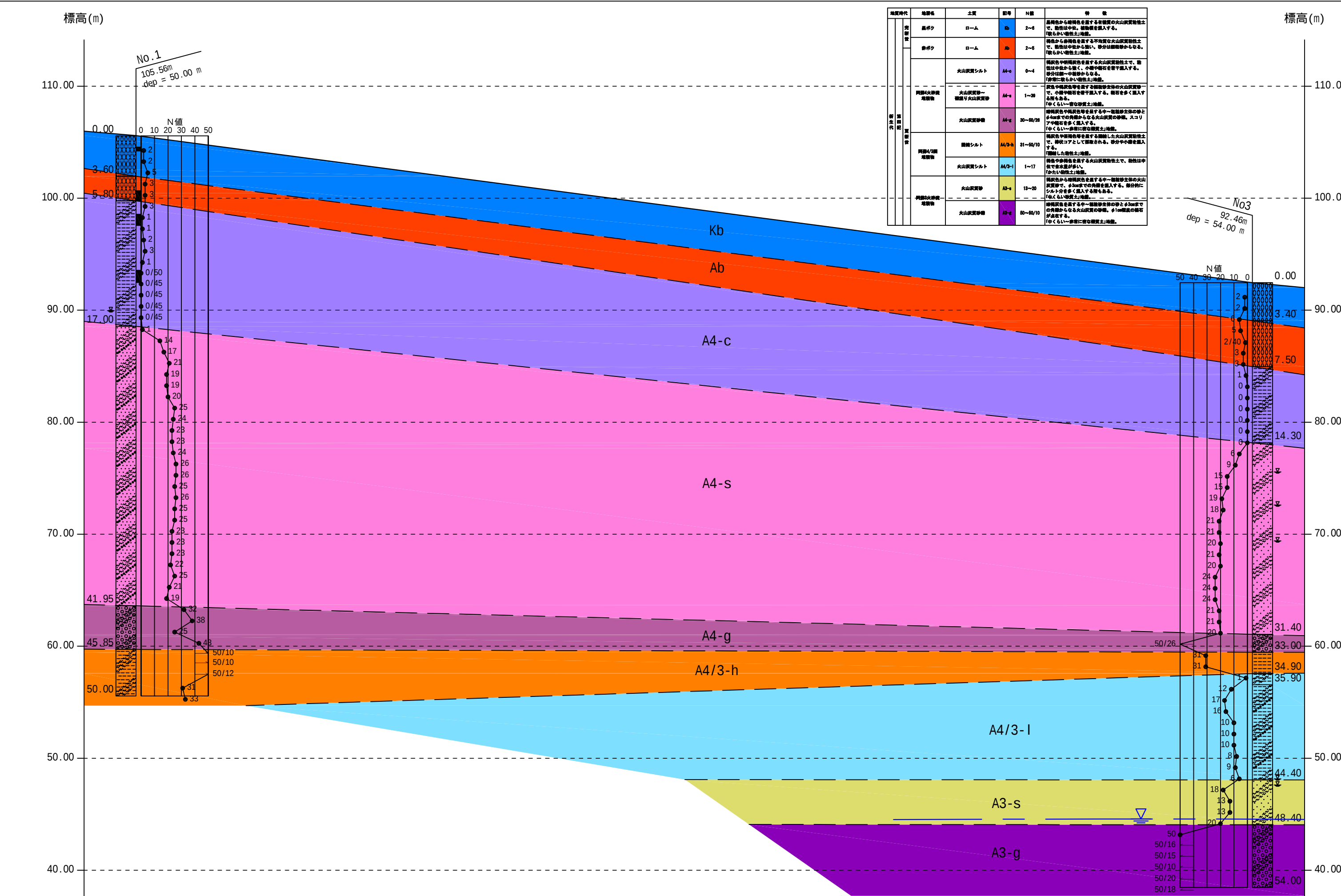
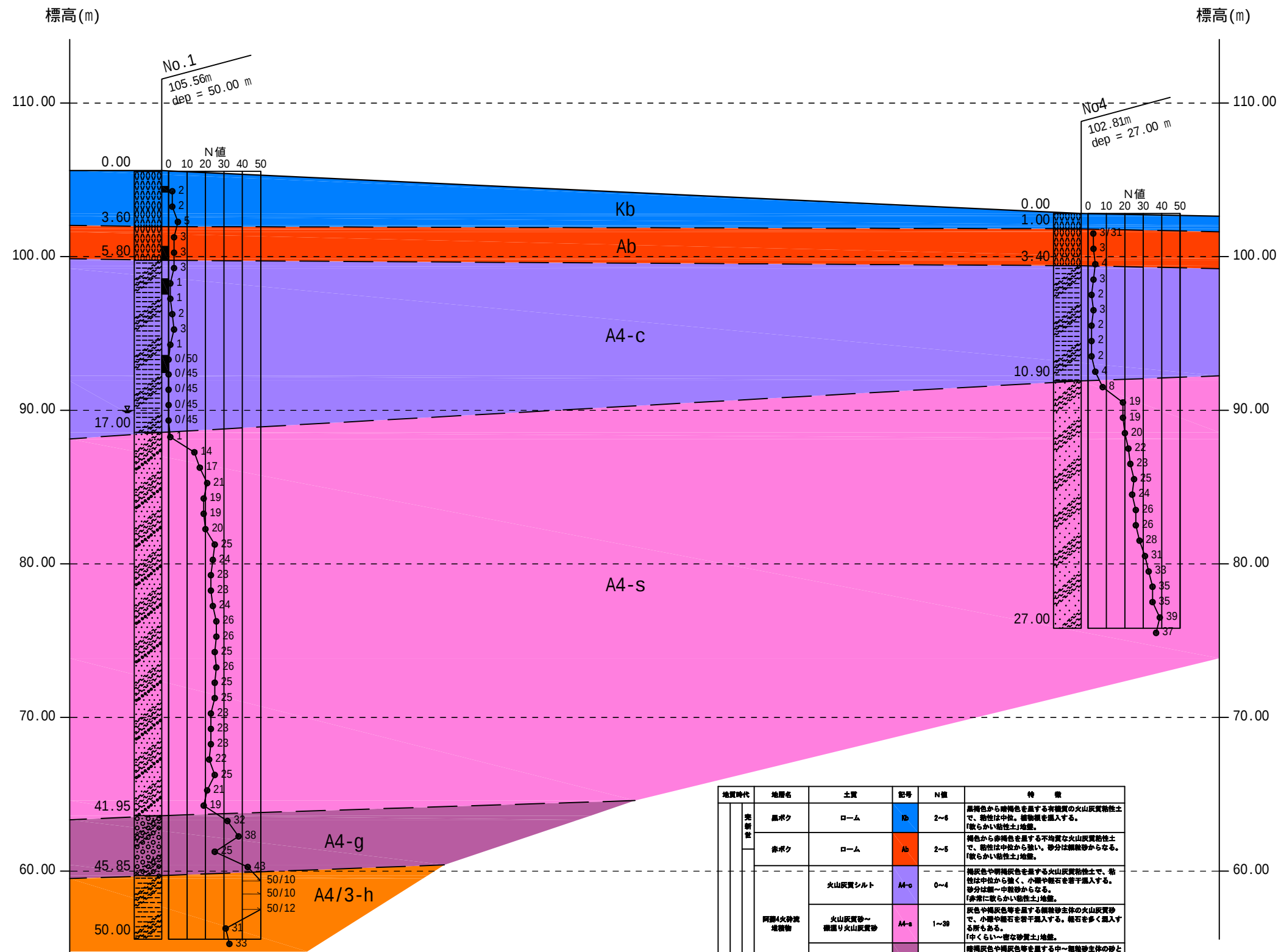


図5.1.3 地質断面図 (No.1-No.3断面) (V=1:300,H=1:1,000)



地質時代	地層名	土質	記号	N値	特 徴	
新 生 代	更新世	黒ボク	ローム	Kb	2～6	黒褐色から暗褐色を呈する有機質の火山灰質粘性土で、粘性は中位。腐植物を混入する。 「軟らかい粘性土」地盤。
		赤ボク	ローム	Ab	2～5	褐色から赤褐色を呈する不均質な火山灰質粘性土で、粘性は中位から強い。砂分は細粒砂からなる。 「軟らかい粘性土」地盤。
	第四紀	火山灰質シルト	M-a	0～4	褐色や暗褐色を呈する火山灰質粘性土で、粘性は中位から強く、小礫や軽石を若干混入する。 砂分は細～中粒砂からなる。 「非常に軟らかい粘性土」地盤。	
		阿蘇4火砕流堆積物 火山灰質砂～ 礫混り火山灰質砂	M-s	1～30	灰色や褐灰色等を呈する細粒砂主体の火山灰質砂で、小礫や軽石を若干混入する。軽石を多く混入する所もある。 「中くらい～密な砂質土」地盤。	
		火山灰質砂礫	M-g	30～50/25	暗褐色や褐灰色等を呈する中～粗粒砂主体の砂とφ4mmまでの角礫からなる火山灰質の砂礫。スコリアや軽石を多く混入する。 「中くらい～非常に密な礫質土」地盤。	
		阿蘇4/3期堆積物 礫混シルト	M/3-h	31～50/10	褐灰色や茶褐色等を呈する固結した火山灰質粘性土で、棒状コアとして採取される。砂分や小礫を混入する。 「固結した粘性土」地盤。	
		火山灰質シルト	M/3-l	1～17	褐色や赤褐色を呈する火山灰質粘性土で、粘性は中位で含水量が多い。 「かたい粘性土」地盤。	
		阿蘇3火砕流堆積物 火山灰質砂	A3-s	13～20	褐灰色から暗褐色を呈する中～粗粒砂主体の火山灰質砂で、φ3mmまでの角礫を混入する。部分的にシルト分を多く混入する所もある。 「中くらい砂質土」地盤。	
	更新世	阿蘇3火砕流堆積物 火山灰質砂礫	A3-g	50～50/10	暗褐色を呈する中～粗粒砂主体の砂とφ3mmまでの角礫からなる火山灰質の砂礫。φ1cm程度の軽石が点在する。 「中くらい～非常に密な礫質土」地盤。	

図5.1.4 地質断面図 (No.1-No.4断面)
(V=1:300, H=1:1,000)

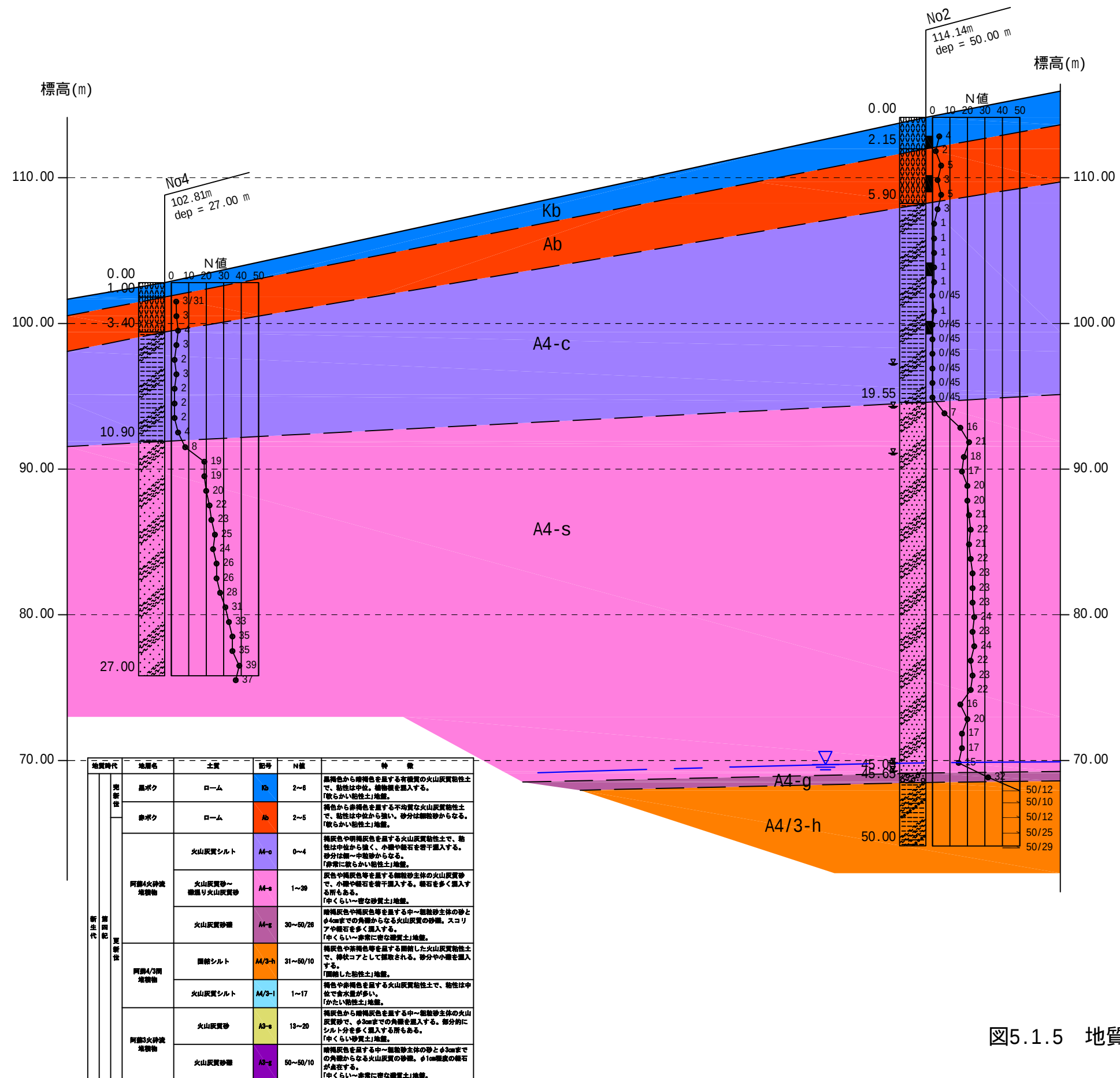


図5.1.5 地質断面図 (No.2-No.4断面)
(V=1:300,H=1:1,000)

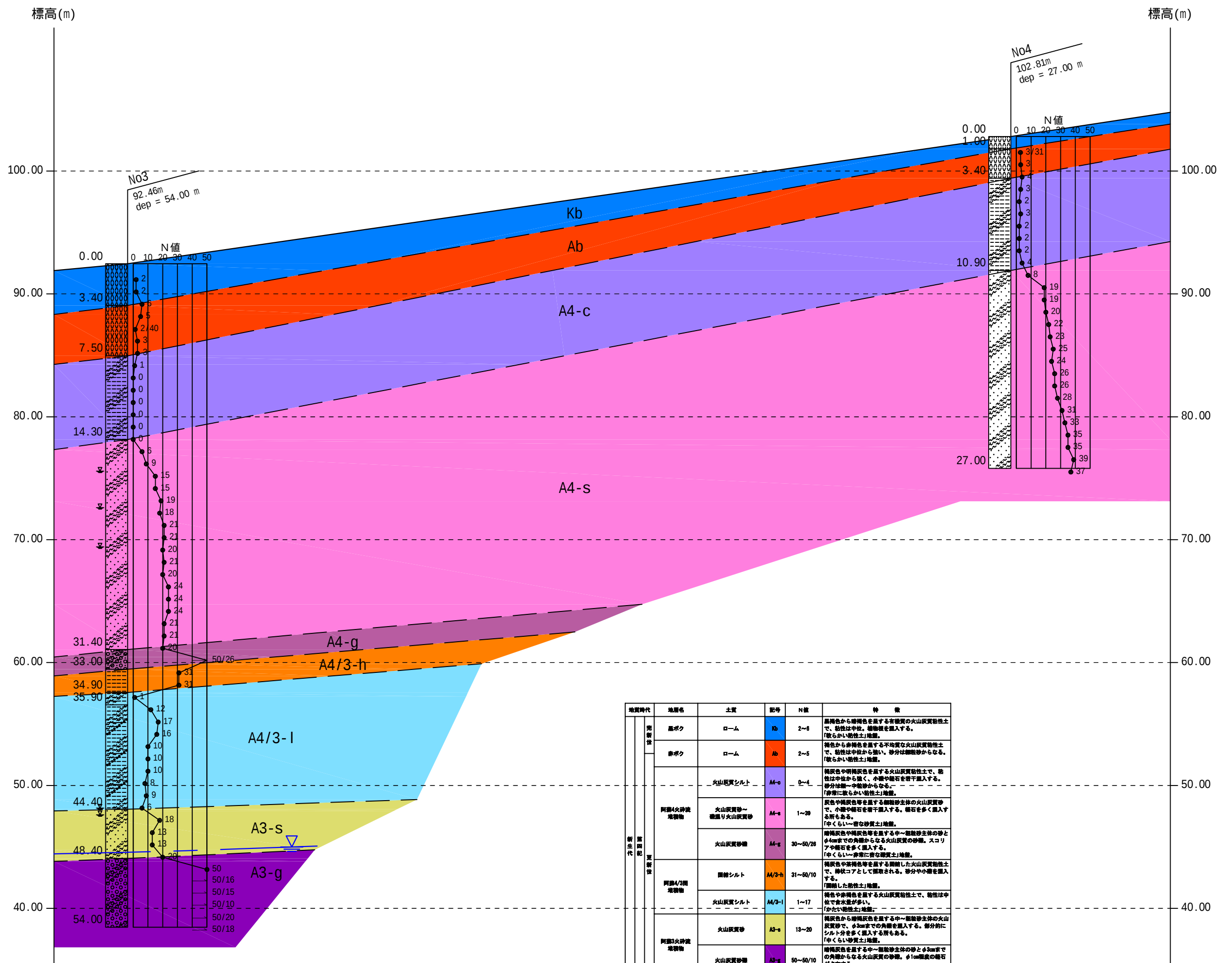


図5.1.6 地質断面図 (No.3-No.4断面)
(V=1:300,H=1:1,000)

5.2 地盤定数の設定

調査ボーリング No.1～No.4 で確認された各地層について地盤定数を検討する。

すなわち、室内土質試験結果や N 値からの推定式、文献等に示されている一般値等により地盤定数を設定する。

なお、地盤定数は、単位体積重量、粘着力、せん断抵抗角、変形係数について求める。

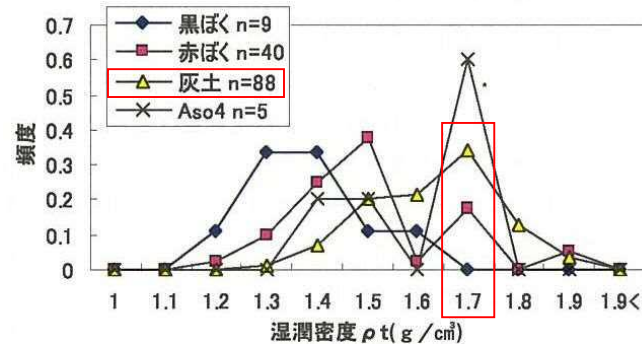
(1) 土質の地盤定数の一般値及び換算式

土の単位体積重量

種 類		状 態		単 位 体 積 重 量 (t/m^3)	内 部 摩 擦 角 (度)	粘 着 力 (t/m^2)	摘 要 (統 一 分 類)	
盛 土	礫および 礫まじり砂	締固めたもの		2.0(20)	40	0	(GW) , (GP)	
		砂	締固めたもの	粒度の良いもの	2.0(20)	35	0	(SW) , (SP)
				粒度の悪いもの	1.9(19)	30	0	
	砂質土	締固めたもの		1.9(19)	25	3(30)以下	(SM) , (SC)	
	粘性土	"		1.8(18)	15	5(50)以下	(ML) , (CL) (MH) , (CH)	
	関東ローム	"		1.4(14)	20	1(10)以下	(VH)	
自 然 状 態	礫	密実なものまたは粒度のよいもの		2.0(20)	40	0	(GW) , (GP)	
		密実でないものまたは粒度の悪いもの		1.8(18)	35	0		
	礫まじり砂	密実なもの		2.1(21)	40	0	"	
		密実でないもの		1.9(19)	35	0		
	砂	密実なものまたは粒度のよいもの		2.0(20)	35	0	(SW) , (SP)	
		密実でないものまたは粒度の悪いもの		1.8(18)	30	0		
	砂質土	密実なもの		1.9(19)	30	3(30)以下	(SM) , (SC)	
		密実でないもの		1.7(17)	25	0		
	粘性土	固いもの（指で強く押し多少へこむ）		1.8(18)	25	5(50)以下	(ML) , (CL)	
		やや軟いもの（指の中程度の力で貫入）		1.7(17)	20	3(30)以下		
		軟いもの（指が容易に貫入）		1.6(16)	15	1.5(15)以下		
	粘土および シルト	固いもの（指で強く押し多少へこむ）		1.7(17)	20	5(50)以下	(CH) , (MH) , (ML)	
		やや軟いもの（指の中程度の力で貫入）		1.6(16)	15	3(30)以下		
		軟いもの（指が容易に貫入）		1.4(14)	10	1.5(15)以下		
	関東ローム				1.4(14)	5(ϕ_u)	3(30)以下	(VH)

() = kN/m^3

() = kN/m^2



「熊本市周辺地盤図」P.139

N 値からの換算式

・粘性土の粘着力 c

$$c = 6 \sim 10N (\text{kN} / \text{m}^2) \quad (\varphi = 0^\circ \text{ とする})$$

・砂質土・礫質土のせん断抵抗角 φ

$$\varphi = \sqrt{20N + 15} \quad (^\circ) \quad \text{ただし } \varphi \leq 45^\circ$$

粘着力 C は、安全側を考慮して一般的に $C=0 \text{ kN} / \text{m}^2$ とする。

(建築基礎構造設計指針 p113)

(2) 岩盤定数の換算 N 値からの推定式

・岩盤の単位体積重量

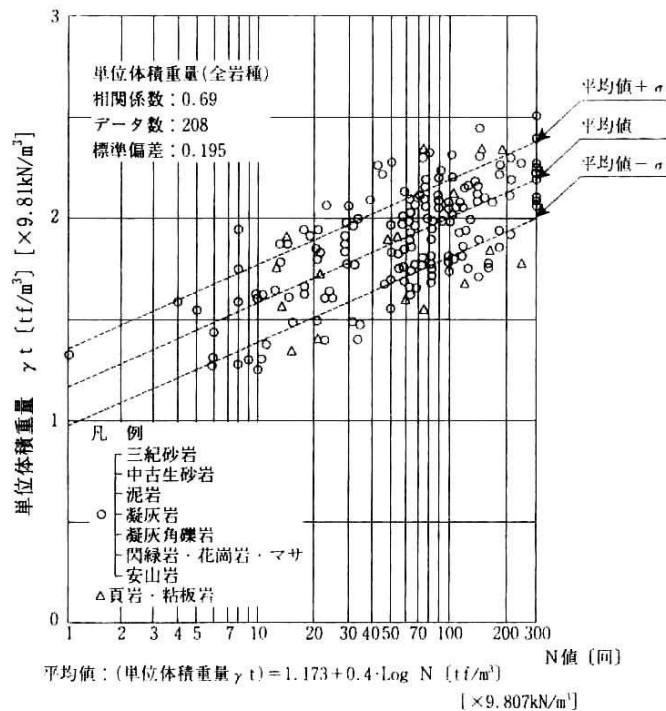


図 4-2-3 岩盤の単位体積重量の測定例

「設計要領第 2 集」P4-7

・岩盤のせん断強度

表 4-2-5 換算 N 値による場合の測定例

		砂岩・礫岩 深成岩類	安山岩	泥岩・凝灰岩 凝灰角礫岩	備 考
粘着力 (kN/m ²)	換算 N 値と 平均値の関係	$15.2N^{0.327}$	$25.3N^{0.334}$	$16.2N^{0.606}$	
	標準偏差	0.218	0.384	0.464	・Log 軸上の値
せん断 抵抗角 (度)	換算 N 値と 平均値の関係	$5.10\text{Log}N$ +29.3	$6.82\text{Log}N$ +21.5	$0.888\text{Log}N$ +19.3	
	標準偏差	4.40	7.85	9.78	

「設計要領第 2 集」P4-9

・岩盤の変形係数

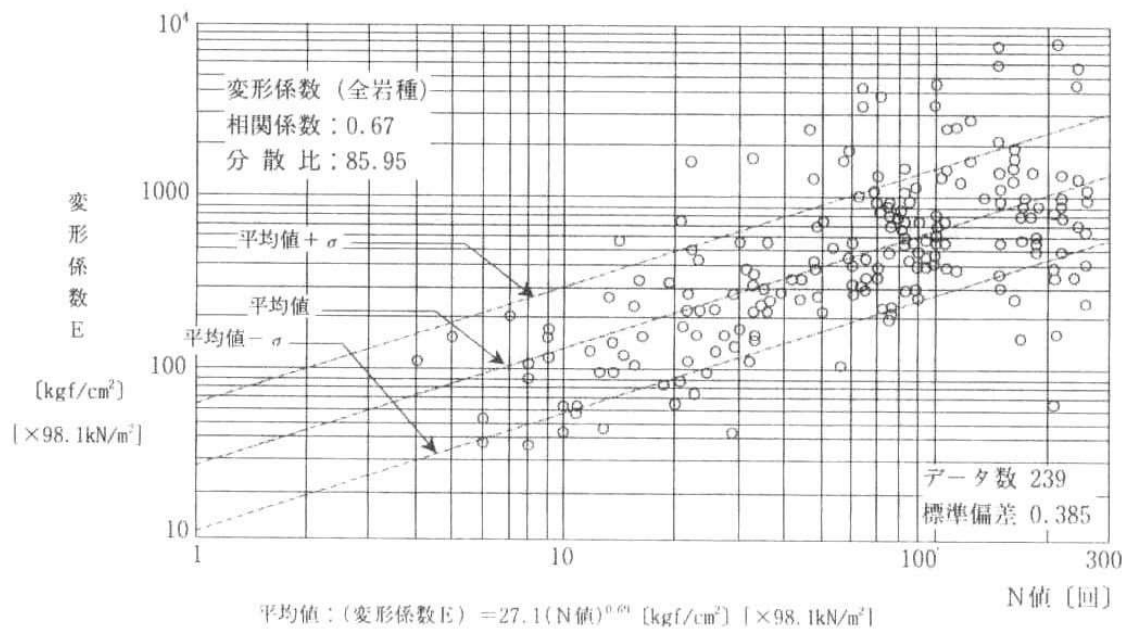


図 4-2-9 岩の変形係数の測定例

「設計要領第 2 集」P4-12

(3) 各層の代表 N 値

標準貫入試験結果に基づく各層の代表 N 値については表 4.2.1 でまとめて整理したが、設定した代表 N 値の一覧表を表 5.2.1 に示す。

表 5.2.1 各層の代表 N 値

地層名 (土質)	記 号	代表 N 値 (回)
黒ボク (ローム)	Kb	3.3
赤ボク (ローム)	Ab	3.4
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質シルト)	A4-c	1.0
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質砂～ 礫混り火山灰質砂)	A4-s	21.7
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質砂礫)	A4-g	34.0
阿蘇4/3間堆積物 (固結シルト)	A4/3-h	88.6
阿蘇4/3間堆積物 (火山灰質シルト)	A4/3-l	10.9
阿蘇3火砕流堆積物 (火山灰質砂)	A3-s	16.0
阿蘇3火砕流堆積物 (火山灰質砂礫)	A3-g	50.0

(4) 地盤定数の提案値

(1)～(3)より、各層の地盤定数について検討した結果を表 5.2.2 に示す。

表 5.2.2 地盤定数の提案値

地 層 名	記 号	代表 N 値 (回)	単位体 積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部 摩擦角 ϕ (°)	変形係数 E_m (MN/m ²)
黒ボク (ローム)	Kb	3.3	12.5	61.8	8.6	9.2
赤ボク (ローム)	Ab	3.4	14.8	41.0	6.2	18
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質シルト)	A4-c	1	14.9	41.8	4.3	2.8
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質砂～ 礫混り火山灰質砂)	A4-s	21.7	17	0	36	61
阿蘇4火砕流堆積物 (火山灰質砂礫)	A4-g	34	19	0	41	95
阿蘇4/3間堆積物 (固結シルト)	A4/3-h	88.6	22	245	21	230
阿蘇4/3間堆積物 (火山灰質シルト)	A4/3-l	10.9	18	87.2	0	31
阿蘇3火砕流堆積物 (火山灰質砂)	A3-s	16	17	0	33	45
阿蘇3火砕流堆積物 (火山灰質砂礫)	A3-g	50	21	0	45	140

Kb . . . N=3.3

(単位体積重量)

湿潤密度試験結果より

$$\gamma_t = \{(1.259 + 1.291) / 2\} \times 9.81 = 1.275 \times 9.81 \quad 12.5 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

三軸圧縮強度試験結果より

$$c = (63.7 + 59.8) / 2 = 61.75 \quad 61.8 \text{ kN/m}^2$$

(せん断抵抗角)

三軸圧縮強度試験結果より

$$\phi = (9.48 + 7.68) / 2 = 8.58 \quad 8.6^\circ$$

(変形係数)

$$E_s = 2800N = 9,240 \quad 9,200 \text{ kN/m}^2$$

Ab . . . N=3.4

(単位体積重量)

湿潤密度試験結果より

$$\gamma_t = \{(1.616 + 1.401) / 2\} \times 9.81 = 1.509 \times 9.81 \quad 14.8 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

三軸圧縮強度試験結果より

$$c = (37.7 + 44.2) / 2 = 40.95 \quad 41.0 \text{ kN/m}^2$$

(せん断抵抗角)

三軸圧縮強度試験結果より

$$\phi = (3.60 + 8.70) / 2 = 6.15 \quad 6.2^\circ$$

(変形係数)

孔内水平載荷試験結果より

$$E_b = (3,349 + 5,689) / 2 = 4,519 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 4E_b = 18,076 \quad 18,000 \text{ kN/m}^2$$

A4-c・・・N=1.0

(単位体積重量)

湿潤密度試験結果より

$$\gamma_t = \{(1.458+1.551+1.531+1.525)/4\} \times 9.81 = 1.516 \times 9.81 \quad 14.9 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

三軸圧縮強度試験結果より

$$c = (36.1+46.9+41.5+42.6)/4 = 41.775 \quad 41.8 \text{ kN/m}^2$$

(せん断抵抗角)

三軸圧縮強度試験結果より

$$\phi = (5.47+3.80+4.00+3.99)/4 = 4.315 \quad 4.3^\circ$$

(変形係数)

$$E_s = 2800N = 2,800 \text{ kN/m}^2$$

A4-s・・・N=21.7

(単位体積重量)

熊本市周辺地盤図の「灰土」より

$$\gamma_t = 17 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

砂質土であるため、 $c = 0 \text{ kN/m}^2$

(せん断抵抗角)

$$\phi = \sqrt{(20N) + 15} = \sqrt{(20 \times 21.7) + 15} \quad 35.83 \quad 36^\circ$$

(変形係数)

$$E_s = 2800N = 60,760 \quad 61,000 \text{ kN/m}^2$$

A4-g・・・N=34.0

(単位体積重量)

「礫混り砂」の「密実でないもの」より

$$\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

砂質土であるため、 $c = 0 \text{ kN/m}^2$

(せん断抵抗角)

$$\phi = \sqrt{(20N) + 15} = \sqrt{(20 \times 34.0) + 15} \quad 41.08 \quad 41^\circ$$

(変形係数)

$$E_s = 2800N = 95,200 \quad 95,000 \text{ kN/m}^2$$

A4/3-h・・・N=88.6

本層はN値が高いため、凝灰岩の軟岩に相当すると判断し、定数を設定した。

(単位体積重量)

$$\gamma_t = 1.173 \times 0.4 \log N \times 9.81 = 22.06 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

$$c = 16.2 N^{0.606} = 245.3 \text{ kN/m}^2$$

(せん断抵抗角)

$$\phi = 0.888 \log N + 19.3 = 21^\circ$$

(変形係数)

$$E_b = 27.1 N^{0.69} \times 9.81 = 58,663 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 4E_b = 234,653 \text{ kN/m}^2$$

A4/3-l・・・N=10.9

(単位体積重量)

「粘性土」の「固いもの」より

$$\gamma_t = 18 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

c = 6 ~ 10N から、c = 8N として算出。

$$c = 8 \text{ N} = 87.2 \text{ kN/m}^2$$

(せん断抵抗角)

$$\phi = 0^\circ$$

(変形係数)

$$E_s = 2800 \text{ N} = 30,520 \text{ kN/m}^2$$

A3-s・・・N=16.0

(単位体積重量)

「砂質土」の「密実でないもの」より

$$\gamma_t = 17 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

砂質土であるため、c = 0kN/m²

(せん断抵抗角)

$$\phi = \sqrt{(20N) + 15} = \sqrt{(20 \times 16.0) + 15} = 32.9 \text{ } 33^\circ$$

(変形係数)

$$E_s = 2800 \text{ N} = 44,800 \text{ kN/m}^2$$

A3-g . . . N=50

(単位体積重量)

「礫混り砂」の「密実なもの」より

$$\gamma_t = 21 \text{ kN/m}^3$$

(粘着力)

砂質土であるため、 $c = 0 \text{ kN/m}^2$

(せん断抵抗角)

$$\phi = \sqrt{(20\text{N}) + 15} = \sqrt{(20 \times 50) + 15} \quad 47^\circ$$

$\phi > 45^\circ$ となるので、 $\phi = 45^\circ$ とする。

(変形係数)

$$E_s = 2800\text{N} = 140,000 \text{ kN/m}^2$$

5.3 地盤の工学的性質と支持地盤の設定

(1) 支持層の一般的な評価

構造物に対する一般的な支持層としては、基礎に作用する荷重の規模によって異なるので一概には決めがたいが、目安としては砂・砂礫層に於いては概ねN値が30以上、粘土層では概ねN値が20以上であれば支持層と考えられる。もちろん良好な岩盤であれば問題は少ない。また、荷重の規模に応じた層厚が必要となる。

表 5.3.1 良好な支持層の目安

地質名	良好な支持層の条件
粘性土層	・ 大略的に N 値が 20 程度以上。 ・ 大きな支持力は期待できず、沈下量も大きい場合がある。
砂・砂礫層	・ 大略的に N 値が 30 程度以上。 ・ 砂礫層では礫打ちの影響により大きめな N 値となる場合がある。
岩 盤	・ 均質な岩盤であれば大きな支持力が期待できる。 ・ 岩体の不連続面、破碎・風化帯は十分な検討が必要である。
層 厚	・ 荷重の規模に応じた層厚が必要となる。

(2) 地盤の工学的性質と支持層の判定

調査の結果、確認された地層は、上位より、黒ボク(Kb)、赤ボク(Ab)、阿蘇4火砕流堆積物(A4-c, A4-s, A4-g)、阿蘇4/3間堆積物(A4/3-h, A4/3-l)、阿蘇3火砕流堆積物(A3-s, A3-g)の各層である。

まず、新規の降下火山灰である黒ボク(Kb)や赤ボク(Ab)はGL-3.40～7.50mまで分布するが、N値が2～6と低い値を示す軟らかい土質である。このため、大規模な構造物の支持層としては利用できないと判断される。

その下位の地層である阿蘇4火砕流堆積物のうち、粘性土層であるA4-c層はGL-10.9～19.55mまで分布するが、N値が0～3と非常に低く軟らかい地層であり、上位の層と同様に大規模な構造物の支持層としては利用できないと判断される。しかし、GL-33.00～45.85mまで分布する砂質土層である、A4-s層やA4-g層ではN値が20～50の中位～密な地層となり、20～30回程度の部分はそれほど大きな規模の構造物で無ければ、30回以上の部分については大規模な構造物でも支持層として利用できる。

さらにその下位の地層である阿蘇4/3間堆積物のうち、上位のA4/3-h層はGL-34.90～50.00m以深まで分布するが、N値は30以上の固い地層であり、大規模な構造物の支持層として利用できる。一方、下位のA4/3-l層はGL-44.4mまで分布するが、おおむねN値10回以下のやややわらかい地層であり、大規模な構造物の支持層としては利用できないと判断される。

今回の調査で確認した最も下位の地層である阿蘇3火砕流堆積物のうち、上位のA3-s層は

GL-48.40mまで分布するが、N 値 20 に満たない地層で大規模な構造物の支持層としては利用できないと判断される。一方、下位の As-g 層は N 値が 50 回以上であり、大規模な構造物の支持層として利用できる。

(3) 支持層の分布状況

(2)より、支持層として問題がなく安定した支持力が期待できる地層が調査地点によって異なることが判明した。

表 5.3.2 に調査地点毎の支持層とその分布深度をまとめて示す。

表 5.3.2 各地点の支持層分布深度

孔番	分布深度 (GL- :m)	分布標高 (m)	地層記号
No.1	45.85	59.71	A4/3-h
No.2	45.65	68.29	A4/3-h
No.3	48.40	44.06	A3-g
No.4	22.00	80.81	A4-s

5.4 地盤の透水性の検討

本調査では、Kb 層，Ab 層，A4-c 層を対象とした粒度試験を実施しており、その粒度から地盤の透水性を評価した。

粒度試験結果から得られる 20%粒径 D20 と透水性の間には、表 5.4.1 に示す様な関係が知られており、粒度試験結果から透水性を推測することができる。

粒度試験結果から得られた D20 とそれから推測された透水係数をまとめて表 5.4.2 に示す。

表 5.4.1 Creager による D20 と透水係数の関係

D_{20} (mm)	k (m/s)	土 質 分 類	D_{20} (mm)	k (m/s)	土 質 分 類
0.005	3.00×10^{-8}	粗 粒 粘 土	0.18	6.85×10^{-5}	微 粒 砂
0.01	1.05×10^{-7}	細 粒 シ ル ト	0.20	8.90×10^{-5}	
0.02	4.00×10^{-7}	粗 粒 シ ル ト	0.25	1.40×10^{-4}	
0.03	8.50×10^{-7}		0.3	2.20×10^{-4}	中 粒 砂
0.04	1.75×10^{-6}		0.35	3.20×10^{-4}	
0.05	2.80×10^{-6}		0.4	4.50×10^{-4}	
0.06	4.60×10^{-6}	極 微 細 砂	0.45	5.80×10^{-4}	
0.07	6.50×10^{-6}		0.5	7.50×10^{-4}	
0.08	9.00×10^{-6}		0.6	1.10×10^{-3}	粗 粒 砂
0.09	1.40×10^{-5}		0.7	1.6×10^{-3}	
0.10	1.75×10^{-5}		0.8	2.15×10^{-3}	
0.12	2.6×10^{-5}	微 粒 砂	0.9	2.8×10^{-3}	
0.14	3.8×10^{-5}		1.0	3.60×10^{-3}	
0.16	5.1×10^{-5}		2.0	1.80×10^{-2}	細 礫

表 5.4.2 D20 から推測される透水係数

対象土質	試料番号	20%粒径 D20(mm)	透水係数 k (m/s)
黒ボク(Kb)	T1-1	0.019	4.00E-07
黒ボク(Kb)	T2-1	0.0041	3.00E-08
赤ボク(Ab)	T1-2	0.0011	3.00E-8以下
赤ボク(Ab)	T2-2	0.017	4.00E-07
阿蘇火砕流堆積物(A4-c)	T1-3	0.0030	3.00E-08
阿蘇火砕流堆積物(A4-c)	T1-4	0.0055	3.00E-08
阿蘇火砕流堆積物(A4-c)	T2-3	0.0011	3.00E-8以下
阿蘇火砕流堆積物(A4-c)	T2-4	0.0001mm以下	3.00E-8以下

これらの透水性と表 5.4.3 を比較し、各層の透水性を評価した。

1) Kb 層

Kb 層の透水係数は $k = 3.00 \times 10^{-8} \sim 4.00 \times 10^{-7} (\text{m/s})$ 程度であると推測され、これは「非常に低い～低い」透水性であると評価される。

2) Ab 層

Ab 層の透水係数は $k = 3.00 \times 10^{-8}$ 以下 $\sim 4.00 \times 10^{-7} (\text{m/s})$ 程度であると推測され、これは「非常に低い～低い」透水性であると評価される。

3) A4-c 層

A4-c 層の透水係数は $k = 3.00 \times 10^{-8}$ 以下 (m/s) 程度であると推測され、これは「非常に低い」透水性であると評価される。

以上の検討の結果、調査地付近の表層近くに分布する地層は、いずれも透水性が低いことが知られた。

表 5.4.3 透水性と土質区分

透水性	透水係数 $k (\text{m/s})$									
	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}
	実質上不透水	非常に低い	低い	中位	高い					
対応する土の種類	粘性土 { C }	微細砂, シルト, 砂-シルト-粘土混合土 { S F } [S - F] { M }				砂および礫 (G W) (G P) (S W) (S P) (G - M)			清浄な礫 (G W) (G P)	
透水係数を直接測定する方法	特殊な変水位透水試験	変水位透水試験				定水位透水試験			特殊な変水位透水試験	
透水係数を間接的に推定する方法	圧密試験結果から計算			なし		清浄な砂と礫は粒度と間隙比から計算				

「地盤調査の方法と解説」P.488

5.5 基礎形式の検討

一般に、構造物の基礎形式は基礎スラブからの荷重を直接地盤に伝える「直接基礎形式」と基礎スラブからの荷重を杭を介して地盤に伝える「杭基礎形式」に区分される。

直接基礎形式の場合、浅部に支持層が存在し、下部に圧密沈下や不同沈下の対象層が分布しない事が条件である。一方、杭基礎形式は直接基礎形式で不適と判断され、比較的深い地層を支持層とする場合に用いられる。また、地盤改良工法を併用した直接基礎形式や異種基礎を組合せた併用基礎形式も挙げられる。

これらの基礎形式の概要を図 5.5.1, 2 示す。

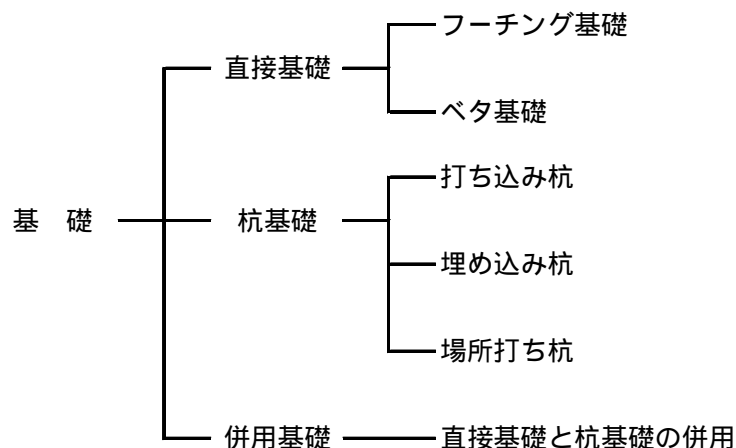


図 5.5.1 基礎工の種類

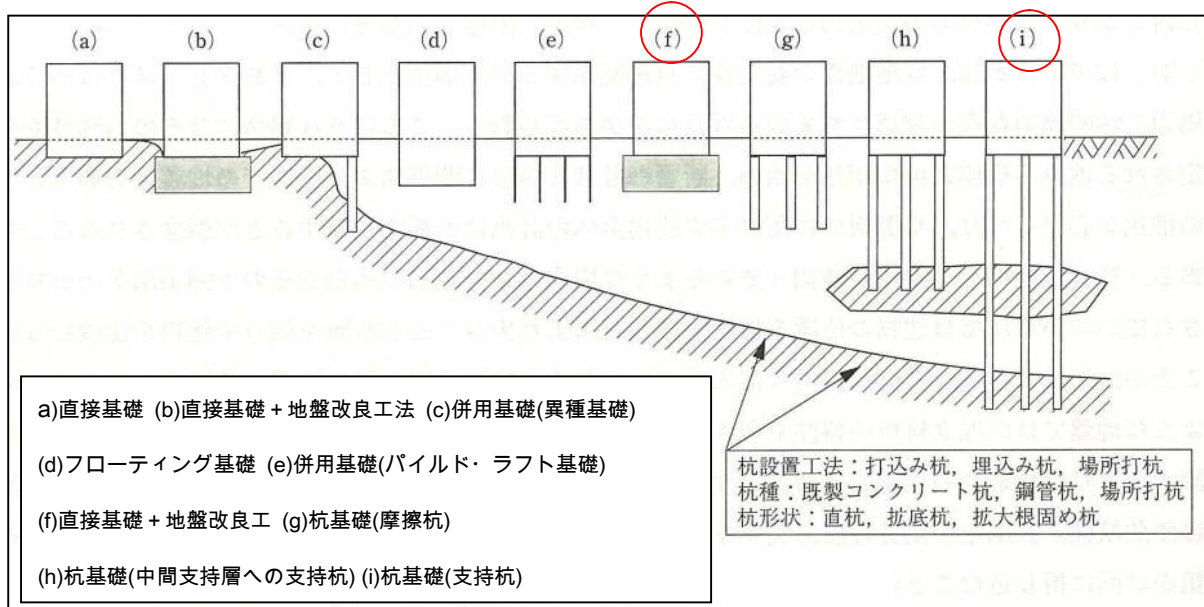


図 5.5.2 支持地盤の深度と適用可能な基礎形式

当地で計画されている建物は、環境工場で公共性が高い。したがって、建物の規模が小さい場合には、「直接基礎 + 地盤改良工」も提案されるが、建物の規模が大きい事や安全性を重視すると 5.3 項で選定した良好な支持層に達する「杭基礎形式」が採用される。

5.6 設計・施工上の留意点

- (1) 調査ボーリング No.1～No.4 の結果、新規の降下火山灰（黒ボク・赤ボク）と阿蘇4火砕流堆積物（A4-c, A4-s, A4-g）, 阿蘇4/3間堆積物（A4/3-h, A4/3-l）および阿蘇3火砕流堆積物（A3-s, A3-g）が確認された。このうち、良好な支持層と判断されるのは、表 5.3.2 に示すように A4-s 層, A4/3-h, A3-g 層であり、調査地点毎に支持層として期待される地層が異なる。また、A4-s 層は一部で N 値 30 以上を有する他は、ほとんどが N 値 20 程度であるため良好な支持地盤とはいえないが、層厚も厚く 20 前後の安定した N 値を有するため構造物の規模によっては支持層として利用できる。
- (2) 調査ボーリングで確認した阿蘇4/3間堆積物は、熊本市周辺域の第一帯水層と第二帯水層を区分する遮水層である。ここで、調査ボーリング No.3 では N 値の高い層が連続しなかったため、阿蘇4/3間堆積物の阿蘇3火砕流堆積物まで確認したが、計画されている施設が環境工場であるため、地下水汚染の可能性なども考慮すると、できるだけ阿蘇3火砕流堆積物に達するような構造物を構築するのは避けることが望ましい
- (3) 調査ボーリング時に確認された地下水位(自然水位)は GL-45～48m付近と深い深度にあるため、掘削に伴う掘削面からの湧水のおそれは無い。
- (4) 液状化のおそれのある地盤の条件は、GL-20m 以内にある飽和砂質土であるが、調査地付近の地下水位は前述したとおり GL-45～48m付近に位置するため、調査地周辺の地盤では液状化のおそれは無い。
- (5) 調査対象敷地西側の図 5.6.1 に示す位置に、写真 5.6.1 に示す様な陥没地形が確認された。



図 5.6.1 位置図



写真 5.6.1 地表の陥没状況

これは、未固結の火砕流堆積物が分布する地域に特有の「シラスドリーネ」と呼ばれる現象で、図 5.6.2 に示すような過程で形成される。

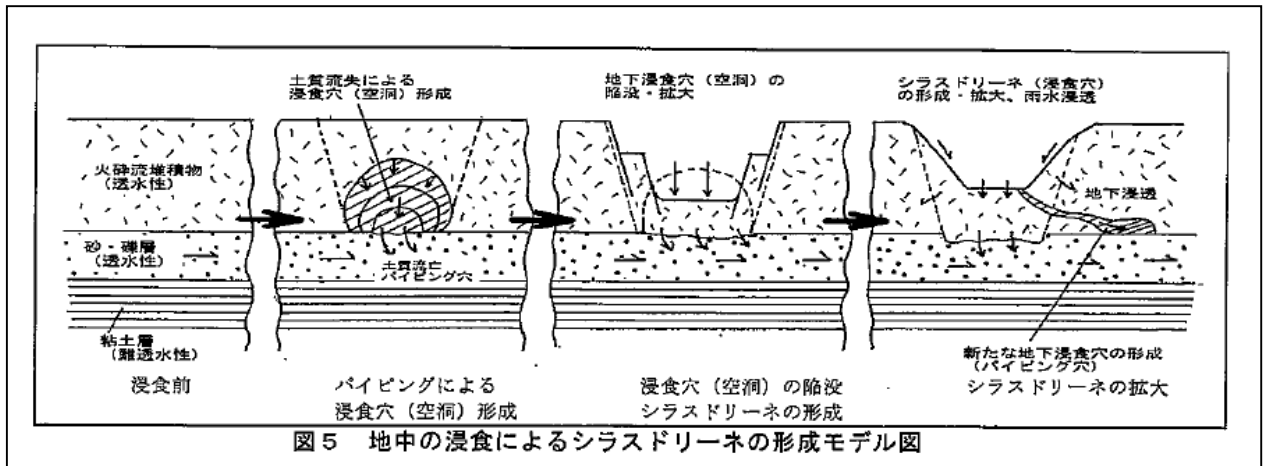


図 5.6.2 シラスドリーネの形成モデル

第 11 回(平成 14 年度)熊本自然研究会研究発表会要旨集 P.61

調査地点付近の地質では、図中の「火砕流堆積物」に Kb 層, Ab 層, A4-c 層, A4-s 層が、「砂・砂礫」に A4-g 層が、「粘土層」に A4/3-h, A4/3-l 層がそれぞれ対比される。

このような地質条件を有した地域であるため、浸透施設を設置すると浸透地点に水みちが発生し、浸透施設およびその周辺に陥没を発生させるおそれがある。このため、浸透施設の設置は避けた方が望ましい。

5.7 今後の調査計画について

1) 今回の調査では、各主要施設ごとに1本ずつ調査ボーリングを実施したが、施設ごとに支持層となる地層が異なっていた。これは、地質的には水平方向への変化はあまりないが、工学的な性質は水平方向に連続性が悪いことを示している。

このため、今後施設計画が決定された場合には、施設規模・配置に応じて、例えば施設の四隅で調査ボーリングを実施するなどの詳細調査を実施することが望まれる。

2) 今回の調査ボーリングの一部で阿蘇4火砕流堆積物の最下部に地下水位を確認した。今後、環境工場周辺の地下水モニタリングなどを実施する必要があるが、地下構造物が阿蘇4/3間堆積物までにとどまるようであれば阿蘇4/3間堆積物より上部の第一帯水層のモニタリングを目的とした観測井を設置すればよい。しかし、阿蘇3火砕流堆積物にまで達するようであれば、これとは別に第二帯水層のモニタリングを目的とした観測井の設置を要する。

以上